



TUGAS AKHIR - TM 141585

**PENENTUAN MATRIKS TRANSFORMASI KOORDINAT
KAMERA KE KOORDINAT PELONTAR PELURU UNTUK
SISTEM *AUTOTRACKING* BERBASIS *MACHINE VISION***

Chontry Novita Dewi
NRP. 2111 100 007

Dosen Pembimbing
Arif Wahjudi, St., Mt., Phd.

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - TM 141585

**PENENTUAN MATRIKS TRANSFORMASI
KOORDINAT KAMERA KE KOORDINAT
PELONTAR PELURU UNTUK SISTEM
AUTOTRACKING BERBASIS *MACHINE
VISION***

**CHONTRY NOVITA DEWI
NRP 2111 100 007**

**Dosen Pembimbing:
Arif Wahyudi, ST, MT, PhD.**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**



FINAL PROJECT - TM 141585

**DETERMINING THE MATRIKS TRANSFORMATION OF
CAMERA COORDINATES TO BULLET LAUNCHER FOR
THE AUTOTRACKING SYSTEM WHICH BASED ON
MACHINE VISION**

Chontry Novita Dewi
NRP. 2111 100 007

Academic Advisor
Arif Wahjudi, St., Mt., Phd.

DEPARTMENT MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN MATRIK TRANSFORMASI KOORDINAT KAMERA KE KOORDINAT PELONTAR PELURU UNTUK SISTEM *AUTOTRACKING* BERBASIS *MACHINE VISION*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Mesin Pada Bidang Studi Manufaktur
Program Studi S-1
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

CHONTRY NOVITA DEWI

NRP : 2111 100 0007

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Arif Wahyudi, ST., MT., Ph.D
(NIP. 197303222001121001)
2. Ir. Sampurno, MT
(NIP 196504041989031002)
3. Ari Kurniawan Saputra, ST, MT
(NIP. 210150201)
4. Dinny Harnany, ST, MSc
(NIP. 2100201405001)



(Halaman sengaja dikosongkan)

PENENTUAN MATRIKS TRANSFORMASI KOORDINAT KAMERA KE KOORDINAT PELONTAR PELURU UNTUK SISTEM AUTOTRACKING BERBASIS MACHINE VISION

Nama Mahasiswa : Chontry Novita Dewi
Nrp : 2111 100 007
Jurusan : Teknik Mesin FTI-IT
Dosen Pembimbing : Arif Wahjudi, St., Mt., Phd.

Abstrak

Kebutuhan sistem pertahanan di masa kini menjadi wajib bagi seluruh negara untuk menjaga kedaulatan negaranya. Seiring dengan berkembangnya zaman, teknologi persenjataan pun terus berkembang mengikuti kebutuhan yang terus meningkat. Fenomena tersebut secara langsung menuntut badan pertahanan di setiap negara untuk selalu melakukan inovasi dalam menciptakan suatu teknologi yang lebih aman, lebih mudah, maka diperlukan adanya sistem persenjataan yang bukan hanya dapat menembak dengan cepat, tetapi juga dapat mengenali target secara otomatis sehingga memiliki kecepatan dan akurasi yang cukup tinggi.

Dalam tugas akhir ini nilai matriks transformasi koordinat kamera ke koordinat pelontar peluru dicari agar pelontar peluru berbasis machine vision ini memiliki system autotracking. Sebuah model pelontar peluru plastik yang dilengkapi dengan pengenalan objek secara otomatis dengan menggunakan stereo kamera yang diolah melalui PC ini akan dibuat. Model ini sudah digerakkan secara otomatis melalui komputer, baik pergerakan arah laras maupun penembakannya sesuai dengan posisi target. Sebelum dilakukan komunikasi secara serial antara kamera dengan pelontar peluru, terlebih dahulu dicari hubungan antara koordinat kamera dan senjata terhadap objek yang bergerak. Pengambilan data dilakukan secara berulang-ulang untuk mencari nilai M yang

merupakan hubungan dari kedua koordinat tersebut. Nilai M yang didapat kemudian dimasukkan ke dalam program untuk mengkomunikasikan antara kamera dengan pelontar peluru.

Diperoleh nilai matriks $M_{11}=1$; $M_{12}=0$; $M_{13}=0$; $M_{14}=0$; $M_{21}=0$; $M_{22}=1$; $M_{23}=0$; $M_{24}=-16$; $M_{31}=0$; $M_{32}=0$; $M_{33}=1$; $M_{34}=9$; $M_{41}=0$; $M_{42}=0$; $M_{43}=0$; $M_{44}=1$. Matriks inilah yang kemudian digunakan untuk mentransformasi koordinat yang ditangkap oleh sensor kamera. Adapun hasil komunikasi antara kamera dengan pelontar peluru dalam pengujian yang dilakukan, pelontar peluru mampu mengikuti obyek secara otomatis hanya pada beberapa koordinat diantaranya yaitu pada koordinat $[0;7;200]$, $[-15;7;200]$, $[15;7;200]$, $[0;7;240]$, $[-15;7;240]$, $[15;7;200]$.

Kata kunci: Autotracking, komunikasi kamera dan senjata, machine vision, matriks M , stereo camera.

DETERMINING THE MATRIKS TRANSFORMATION OF CAMERA COORDINATES TO BULLET LAUNCHER FOR THE AUTOTRACKING SYSTEM WHICH BASED ON MACHINE VISION

Student Name : Chontry Novita Dewi
NRP : 2111 100 007
Department : Mechanical Engineering
Academic Advisor : Arif Wahjudi, St., Mt., Phd.

Abstract

Nowdays the necessary of defense is the duty for the countries to keep their sovereignty. In arrow the development of period, the technology of weaponry is always developed appropriate the necessary. This phenomenon is directly require the corporation of defense to innovation and due to fast improvement of weapon, it is important to make the weapon which not only shoot faster but also safe, eassy operation, higher accuracy, higher precision and has an automatic target recognition.

This final project is determine the transformation matriks value of the camera coordinates to the bullet launcher coordinates at the autotracking system which based on machine vision. In this final project will built the automatic target recognition of bullet launcher prototype using stereo camera to process it in the PC. The movement of arm direction and its shoot of prototype was automatic using computer program. Before do the serial communication between camera and bullet launcher, previously determining the relation of camera coordinates and bullet launcher coordinates toward the object. The testing is repeatedly to find the value of M which the relation form of both. Then the value of M will be entry to the program for the communication between camera and bullet launcher.

The matriks value are $M11=1$; $M12=0$; $M13=0$; $M14=0$; $M21=0$; $M22=1$; $M23=0$; $M24=-16$; $M31=0$; $M32=0$; $M33=1$; $M34=9$; $M41=0$; $M42=0$; $M43=0$; $M44=1$. Then the matriks used for transformed the object coordinates which captured by the camera. The result of communication is that the bullet launcher can movement automaticly following the object detection at the coordinates $[0;7;200]$, $[-15;7;200]$, $[15;7;200]$, $[0;7;240]$, $[-15;7;240]$, $[15;7;240]$.

Key Word: *Autotracking, machine vision, stereo camera, the value of matriks M, communication between camera and bullet launcher.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrabbi ‘alamiin, puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat-Nya. Memberikan kemudahan serta petunjuk selama penulis menjalani perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember hingga berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul:

“PENENTUAN MATRIKS TRANSFORMASI KOORDINAT KAMERA KE KOORDINAT PELONTAR PELURU UNTUK SISTEM *AUTOTRACKING* BERBASIS *MACHINE VISION*”

Dengan terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunannya terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ibunda Istiqoyah dan Ayahanda Rusminto yang telah memberikan banyak doa, dukungan dan semangat yang tiada mengenal kata lelah maupun pamrih demi menanti kelulusan putrinya. Terimakasih atas penantian panjangnya. Maafkan bila anakmu tidak lulus tepat waktu, semoga kini adalah waktu yang tepat. ☺
2. Kakak dan adik penulis Nur Lailatul Fadhillah, dan Aryo Widuro terimakasih atas senyum, canda tawa serta motivasinya, “semua akan lulus pada waktunya”.
3. Bapak Arif Wahjudi, ST, MT, Ph.D mohon maaf atas segala tindakan dan sikap penulis selama menjalani bimbingan. Terimakasih atas semua ilmu serta dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir yang penuh drama ini. Semoga Allah membalas amal baik bapak dengan sesuatu yang lebih baik pula.

4. Bapak Ir. Sampurno, MT, Bapak Ari Kurniawan, ST, MT, dan Ibu Dinny Harnany, ST, M.Sc. selaku dosen penguji seminar dan sidang tugas akhir yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir. Semoga Allah senantiasa memberikan kesehatan kepada bapak ibu sekalian.
5. Mas Tonny Feriandi, Mas Andra Risciawan, Mas Gagas, Dek Tegar selaku pemeran cameo dalam tugas akhir ini. Terimakasih atas waktu, kesabaran, ilmu, tenaga, serta hal-hal materiil berupa dua buah power supply, dua buah LCD, Buck Converter, bowling dan makanannya. Maaf bila penulis selalu membuat keributan dan tiada henti menyusahkan. Semoga Allah senantiasa mengganti pengorbanan saudara-saudara sekalian dengan nikmat yang tiada tara. ☺
6. Nazillah Syamlan, terimakasih atas kesabaran serta kekuatan magis yang selalu kau sematkan pada diri penulis, aroma dan suaramu masih erat terasa. Sahabat senasib seperjuangan. Semoga Allah senantiasa bersama kita. Semangat untuk pita kuning dan mimpi besar kita. Yosh !!!
7. Wardah Choirina Lutfi, terimakasih telah mewarnai tugas akhir ini. Begitu banyak warna yang tertoreh, begitu banyak pula keringat yang tcurah hingga kita berhasil menyelesaikan drama bertajuk nano-nano dalam tugas akhir kita. Sampai berjumpa di pertunjukan berikutnya.
8. Indira Riska Saraswati Glewi, terimakasih atas segala informasi yang selalu diberikan kepada penulis, meski tak jarang selalu membawa kabar yang tidak ingin didengar. Namun ketulusan serta semangatmu akan terpatri dalam sanubari. Maaf bila penulis selalu membuatmu kesal dan bingung. Senyummu, dan minyak zaitunmu tiada pernah bisa terlupa wahai gadis klasik Zakiah Nurmala.
9. Dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kebaikan bagi banyak pihak serta bernilai ibadah di hadapan Allah SWT. Aamiin.

Surabaya, Januari 2016

Chontry Novita Dewi

DAFTAR ISI

JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengenalan Target Secara Otomatis	7
2.2 Tinjauan Umum	9
2.2.1 Kamera Stereo	9
2.3 Sistem Koordinat Homogeny	13
2.4 Transformasi Matriks	14
2.4.1 Transformasi Translasi	17
2.4.2 Transformasi Rotasi	17
2.4.3 Operasi Nilai Matriks	19
2.4.4 Sistem Persamaan Linier 4 variabel	20
2.5 Komunikasi UART	20
BAB III METODE PERANCANGAN	23
3.1 Diagram Alir Metodologi Perancangan	23
3.2 Tahap Perancangan	25
3.3 Blok Diagram Sistem	28
BAB IV PERANCANGAN KENDALI SENJATA	29
4.1 Konfigurasi Sistem Mekanik Perlontar Peluru	29
4.2 Konfigurasi Sistem Kontrol Pelontar Peluru	31

4.3 Perangkat Pendukung	33
BAB V ESTIMASI NILAI MATRIKS	
TRANSFORMASI	59
5.1 Pengujian dan penentuan Nilai Matriks Transformasi	59
5.2 Menghitung Nilai Matriks M	62
BAB VI KOMUNIKASI SISTEM PELONTAR	
PELURU DENGAN KAMERA	73
6.1 Instalasi <i>Hardware</i>	73
6.2 Komunikasi <i>Software</i>	74
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	77
7.1 Kesimpulan	77
7.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar 1.1	Pemetaan judul dalam tugas akhir sistem pelontar peluru <i>autotracking</i>	3
2.	Gambar 2.1	Titik <i>Scene</i> (Bagian Ruang 3D) dari Kamera Stereo	10
3.	Gambar 2.2	Skema Pengukuran Kamera Stereo.....	11
4.	Gambar 2.3	(a) Objek dilihat dari kamera kiri. (b) Objek dilihat dari kamera kanan.....	12
5.	Gambar 2.4	Ilustrasi transformasi koordinat obyek terhadap kamera ke koordinat senjata dengan perbedaan nilai ketinggian.....	15
6.	Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi Perancangan....	23
7.	Gambar 3.2	Diagram Kontrol Pelontar Peluru.	28
8.	Gambar 4.1	Konstruksi <i>prototype</i> pelontar peluru	30
9.	Gambar 4.2	Skema Sistem Kontrol Pelontar Peluru ...	32
10.	Gambar 4.3	Konfigurasi Sistem Kontrol Pelontar Peluru dan Perangkat Kerasnya	32
11.	Gambar 4.4	Arduino Uno Rev3.....	34
12.	Gambar 4.5	LCD 16x2.....	35
13.	Gambar 4.6	Pin pada LCD 16x2.....	37
14.	Gambar 4.7	Kabel <i>Jumpper Male Female</i>	38
15.	Gambar 4.8	Motor Servo Futaba S3003	39
16.	Gambar 4.9	<i>Buck Converter</i> hip LM2596HVS	41
17.	Gambar 4.10	<i>Switching Power Supply</i>	43
18.	Gambar 5.1	Flowchart Penentuan Nilai Matriks M	44
19.	Gambar 5.2	Ilustrasi Pengukuran Sudut Elevasi Pelontar Peluru.....	48
20.	Gambar 5.3	Ilustrasi Pengukuran Sudut Azimut dalam Pengujian	49
21.	Gambar 5.4	Input Data Pada <i>Ms.Excel</i>	52
22.	Gambar 5.5	Menyorot <i>Space</i> Hasil.....	53
23.	Gambar 5.6	Memasukkan Fungsi Pada <i>Ms.Excel</i>	53

24. Gambar 5.7	Hasil Dari Perhitungan Persamaan 4 Variabel (M11,M12,M13,M14)	54
25. Gambar 6.1	Komunikasi Antara Kamera dengan pelontar Peluru.....	57
26. Gambar 6.2	Tampilan Kode Transformasi Koordinat..	58
27. Gambar 6.3	Penangkapan Objek Berupa Bola Kuning	59
28. Gambar 6.4	Pelontar Peluru Beserta Tampilan Output Pada Personal Computer	60

DAFTAR TABEL

1.	Tabel 4.1 <i>Data sheet</i> Arduino Uno.....	33
2.	Tabel 4.2 Spesifikasi Kaki LCD 16x2	36
3.	Tabel 4.3 Spesifikasi Motor Servo Futaba S3003	39
4.	Tabel 4.4 Spesifikasi Buck Converter hip LM2596HVS	41
5.	Tabel 4.5 Spesifikasi <i>Adaptor Switch Power</i>	42
6.	Tabel 5.1 Contoh Data Koordinat Objek Terhadap Pelontar Peluru Berdasarkan koordinat objek Terhadap Kamera sebesar [17;20;300] dalam satuan cm.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertahanan negara merupakan segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah sebuah negara dan keselamatan segenap bangsa dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Kebutuhan akan sistem pertahananpun terus mengalami perkembangan seiring dengan kemajuan zaman. Teknologi persenjataan juga terus berkembang mengikuti kebutuhan yang terus meningkat. Fenomena tersebut secara langsung menuntut badan pertahanan di setiap negara untuk selalu melakukan inovasi dalam menciptakan suatu teknologi yang lebih aman, lebih mudah, serta memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi. Pengembangan persenjataan pun terus dilakukan mulai senjata manual jarak pendek dan jarak panjang, senjata semi otomatis dengan kecepatan penembakan yang lebih tinggi, hingga senjata otomatis dengan kecepatan penembakan sangat tinggi.

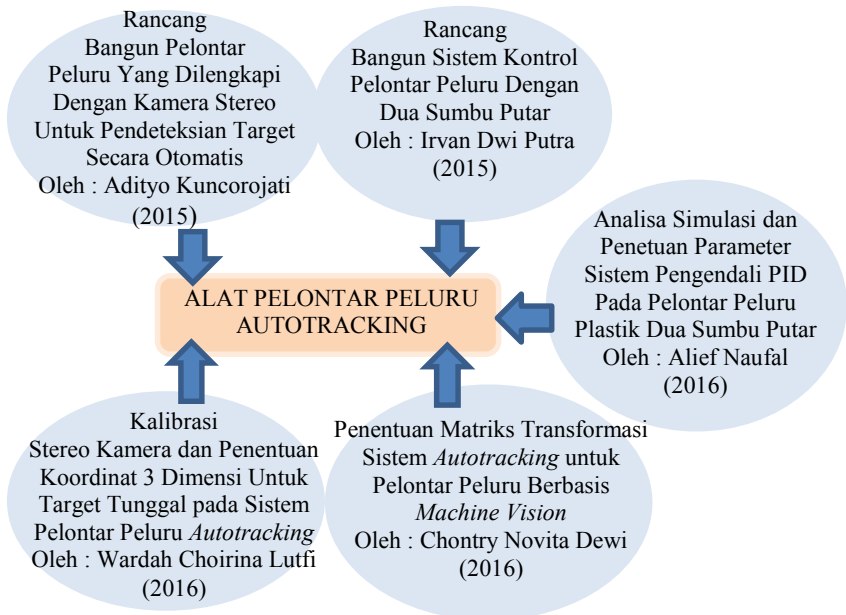
Salah satu sisi pengembangan persenjataan adalah peningkatan kecepatan dan kemudahan dalam penembakan, namun kecepatan yang tinggi juga harus diimbangi dengan kecepatan pembidikan yang tinggi dan tetap mengutamakan akurasi. Kebutuhan pembidikan yang cepat hanya dapat dicapai dengan pembuatan sistem pergerakan laras secara otomatis yang diatur menggunakan program *software*. Saat ini senjata dengan sistem pengenalan target sedang dikembangkan, dengan harapan senapan dapat langsung membidik target dengan cepat dan tepat secara otomatis. Salah satu penelitian yang diusulkan berkaitan dengan pengenalan target adalah pembuatan suatu model pengenalan target dengan metode pengumpulan informasi melalui teori pembuktian *Dempster-Shafer* [1]. Sementara penelitian yang lain adalah pengenalan target dengan metode *Rectangle Estimation* yaitu dengan memanfaatkan sinar laser [2]. Penelitian lain terkait pengembangan persenjataan yaitu pembuatan rancang bangun *sentry gun* yang dilengkapi kamera stereo kemudian diuji tingkat

kepresisian tembakannya dengan melakukan sebuah pemodelan uji penembakan dengan jarak penembakan sejauh 3 m dan target sebesar 7 cm sebagai langkah awal penelitian pendeteksian target secara otomatis serta dilakukan pula penelitian mengenai rancang bangun sistem *control* pelontar peluru dengan dua sumbu putar [3][4]. Akan tetapi dalam penelitian tersebut *targeting* masih dilakukan secara semi otomatis. Koordinat objek tembak harus diinputkan terlebih dahulu secara manual pada *software Code VisionAVR* untuk mengarahkan laras senapan sehingga peluru mampu dilontarkan tepat pada target yang dituju. Penelitian lain terkait dengan *automatic tracking* yaitu simulasi penembak jitu dengan menggunakan metode *color tracking*, dimana pengenalan target secara otomatis sudah diterapkan dengan menggunakan *tracking* objek berupa warna [5]. Akan tetapi kamera yang digunakan masih menggunakan satu kamera sebagai pengintai yang dipasang di atas senapan. Posisi kamera yang tidak *fix* serta daerah jangkauan kamera yang terbatas, membuat kamera tidak mampu melakukan *tracking* terhadap objek yang berada di luar jangkauan kamera, sehingga simulator robot senjata ini kurang responsif terhadap target yang tiba-tiba muncul dari luar sistem.

Oleh karena itu, kita sebagai warga negara Indonesia, dimana negara kita adalah negara kepulauan yang memiliki wilayah yang cukup luas, harus berperan aktif dalam pengembangan persenjataan yang bersifat modern dan mampu mengenali target secara otomatis untuk mendukung sistem pertahanan yang dibutuhkan oleh negara kita. Agar rancangan ini sesuai dengan kebutuhan bidang pertahanan, maka dibuat suatu pemodelan *prototype* dengan menggunakan pelontar peluru plastik yang dilengkapi dengan *stereo vision camera*. Pengujian perancangan sistem kontrol *prototype* ini dibantu dengan menggunakan kontroller arduino sebagai penggerak pelontar peluru plastik, yang digabungkan dengan *software Visual Studio* sebagai media untuk mendeteksi target yang bergerak.

Perbedaan peletakan posisi kamera dan laras senapan mengakibatkan perbedaan koordinat posisi saat keduanya

melakukan pembidikan terhadap target tembak. Oleh karena itu analisa tentang berbagai macam posisi bidikan laras dan kamera terhadap objek yang hendak ditembak akan dilakukan untuk mendapatkan hubungan yang dapat dirumuskan. Tugas akhir ini merupakan pengembangan dari tugas akhir sebelumnya. Adapun beberapa pembagian judul tugas akhir dalam perancangan alat pelontar peluru *autotracking* ini, yaitu rancang bangun pelontar peluru, rancang bangun sistem pelontar peluru, analisa simulasi dan penentuan parameter sistem pengendali PID pada pelontar peluru. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan pengembangan yaitu dalam perancangan sensor dengan memanfaatkan image processing serta komunikasi antara sensor image processing dengan sistem pelontar peluru. Pembagian judul dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Pemetaan judul dalam tugas akhir sistem pelontar peluru *autotracking*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dihadapi dalam penyelesaian proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah hubungan antara koordinat kamera terhadap objek dengan koordinat pelontar peluru terhadap objek tembak agar dapat dirumuskan ?
2. Bagaimana rancang bangun pengendali yang dapat mengkomunikasikan kamera dengan laras senapan ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mencari hubungan koordinat antara kamera terhadap objek dengan pelontar peluru terhadap objek tembak agar dapat diperoleh suatu rumus.
2. Merancang pengendali dalam mengkomunikasikan kamera dengan senjata.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Deteksi objek menggunakan sebuah *webcam* yang dikombinasikan dengan program pada PC.
2. Menggunakan 2 *webcam* dengan tipe yang sama.
3. Menggunakan sistem kontrol arduino sebagai penggerak pelontar peluru.
4. Menggunakan 2 buah motor servo.
5. Jarak inklinasi $\pm 60^\circ$ pada motor servo 1.
6. Jarak rotasi $\pm 60^\circ$ pada motor servo 2.
7. Dalam tugas akhir ini hanya fokus pada pengujian alat, penentuan matriks dan komunikasi alat.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi nyata pada pengembangan teknologi perancangan pelontar peluru, demi terciptanya kemajuan teknologi nasional khususnya di bidang pertahanan.
2. Mesin pelontar peluru yang telah berfungsi dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan Target Otomatis

Kebutuhan sistem pertahanan di masa kini menjadi wajib bagi seluruh negara untuk menjaga kedaulatan negaranya. Seiring dengan berkembangnya zaman, teknologi persenjataan pun terus berkembang mengikuti kebutuhan yang terus meningkat. Fenomena tersebut secara langsung menuntut badan pertahanan di setiap negara untuk selalu melakukan inovasi dalam menciptakan suatu teknologi yang lebih aman, lebih mudah, serta memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi. Pengembangan persenjataan pun terus dilakukan dimulai dari senjata manual jarak pendek dan jarak panjang, senjata semi otomatis dengan kecepatan penembakan yang lebih tinggi, hingga senjata otomatis dengan kecepatan penembakan sangat tinggi. Melihat perkembangan yang sangat pesat itulah, maka diperlukan adanya sistem persenjataan yang bukan hanya dapat menembak dengan cepat, tetapi juga dapat mengenali target secara otomatis sehingga memiliki kecepatan dan akurasi yang cukup tinggi.

Dalam penelitian ini dibuat sebuah model pelontar peluru plastik yang dilengkapi dengan pengenalan objek secara otomatis dengan menggunakan stereo kamera. Model ini sudah digerakkan secara otomatis melalui komputer, baik pergerakan arah laras maupun penembakannya sesuai dengan posisi target. Penelitian terdahulu yang sudah meneliti bidang pengenalan target otomatis (*Automatic Target Recognition*) telah menggunakan berbagai macam metode. Salah satu penelitian di bidang tersebut yang telah dilakukan adalah dengan metode *Rectangle Estimation* dimana penelitian tersebut menggunakan prinsip radar laser 3 dimensi untuk mendeteksi target objek [2]. Metode ini menggunakan *plotting* data secara 3 dimensi dari hasil pembacaan sinar laser. Objek yang memiliki bentuk dan kontur yang kompleks disimulasikan dalam sebuah bentuk kubus. Mekanisme pengenalan target otomatis ini dibagi menjadi 4 tahap. Tahap tersebut terdiri dari estimasi dan pengukuran 3 dimensi, simulasi bentuk target

menjadi bagian-bagian kecil dalam sebuah kubus, identifikasi bagian dan prediksi fungsi dari objek target, serta sinkronisasi objek target dengan model CAD. Inti dari metode ini adalah pendekatan model dengan *Rectangle Estimation*.

Penelitian lain tentang *Automatic Target Recognition (ATR)* yang menggunakan metode yang berbeda dari penelitian sebelumnya juga telah dilakukan. Metode yang mereka gunakan adalah dengan melakukan pengumpulan data, kemudian dilakukan pendekatan dengan teori pembuktian Dempster-Shafer [1]. Input data yang digunakan berupa gambar dari *Synthetic Aperture Radar (SAR)*. Gambar SAR ini memiliki karakteristik yang kemudian dianalisa dengan menggunakan sinyal monogenik, namun karena komponen dari sinyal monogenik ini memiliki perbedaan dimensi yang signifikan, maka data tersebut tidak dapat langsung digunakan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan pengumpulan data dari beberapa kali percobaan. Meskipun demikian, metode ini masih kurang akurat dikarenakan masih terdapat beberapa data yang tidak dapat diteliti. Untuk meningkatkan hasil penelitian, maka dilakukan pendekatan dengan meneliti komponen sinyal monogenik ini menggunakan algoritma sehingga hasilnya dapat terbaca sebagai target. Setelah mendapatkan hasil dari beberapa sampel yang menggambarkan bentuk dan dimensi dari target, langkah selanjutnya adalah memprediksi kemungkinan besar massa dari objek target. Setelah itu, dilakukan pendekatan dari data yang diperoleh dari sinyal monogenik ini menggunakan *Hukum Dempster*.

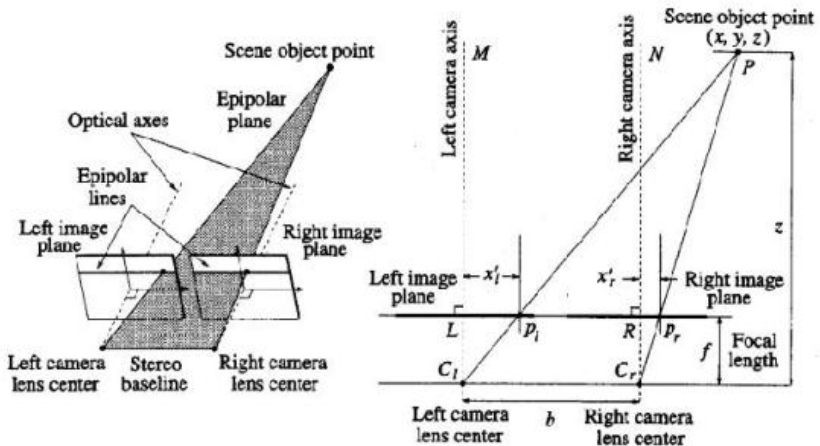
Penelitian lain terkait pengembangan persenjataan yaitu pembuatan rancang bangun *sentry gun* yang dilengkapi kamera stereo kemudian diuji tingkat kepresisian tembakannya dengan melakukan sebuah pemodelan uji penembakan dengan jarak penembakan sejauh 3 m dan target sebesar 7 cm sebagai langkah awal penelitian pendeteksian target secara otomatis serta dilakukan pula penelitian mengenai rancang bangun sistem kontrol pelontar peluru dengan dua sumbu putar [3][4]. Akan tetapi dalam penelitian tersebut *targeting* masih dilakukan secara semi otomatis.

Koordinat objek tembak harus diinputkan terlebih dahulu secara manual pada *software Code VisionAVR* untuk mengarahkan pelontar peluru sehingga peluru mampu dilontarkan tepat pada target yang dituju. Penelitian lain terkait dengan *automatic tracking* yaitu simulasi penembak jitu dengan menggunakan metode *color tracking*, dimana pengenalan target secara otomatis sudah diterapkan dengan menggunakan *tracking* objek berupa warna [5]. Akan tetapi kamera yang digunakan masih menggunakan satu kamera sebagai pengintai yang dipasang di atas senapan. Posisi kamera yang tidak *fix* serta daerah jangkauan kamera yang terbatas, membuat kamera tidak mampu melakukan *tracking* terhadap objek yang berada di luar jangkauan kamera, sehingga simulator robot senjata ini kurang responsif terhadap target yang tiba-tiba muncul dari luar sistem.

2.2 Tinjauan Umum

2.2.1 Kamera Stereo (*Stereo Vision*)

Geometri *binocular stereo* seperti ditunjukkan pada gambar 2.1, model yang paling sederhana dari kamera stereo yang identik, dipisahkan secara sumbu x dengan *baseline* b . Bidang gambar yang *coplanar* (sama) dalam model, fitur dalam pandangan (*scene*) kamera stereo pada posisi yang berbeda pada bidang gambar. Pergeseran lokasi dari dua fitur pada bidang gambar disebut disparitas. Bidang yang melewati pusat kamera dan titik fitur dalam *scene* disebut bidang *epipolar*. Perpotongan bidang *epipolar* dengan bidang gambar mendefinisikan garis *epipolar*. Untuk model yang ditunjukkan pada gambar, setiap fitur dalam satu gambar akan terletak pada baris yang sama di kedua gambar. Dalam prakteknya, ada perbedaan secara vertikal, karena *misregistration* dari garis *epipolar*, sebagian formulasi algoritma stereo *binocular* menganggap tidak ada perbedaan vertikal.



Gambar 2.1 Titik *Scene* (Bagian Ruang 3D) dari Kamera Stereo [6].

Pada gambar 2.1 titik *scene* P diamati pada titik-titik p_l dan p_r pada bidang gambar kiri dan kanan. Tanpa kehilangan secara umum, diasumsikan bahwa sistem koordinat bertepatan dengan pusat lensa kiri. Membandingkan segitiga sama sisi PMC_l dan p_lLC_l , didapatkan:

$$\frac{x}{z} = \frac{x'l}{f} \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk segitiga sama sisi PNC_r dan p_rRC_r , didapatkan:

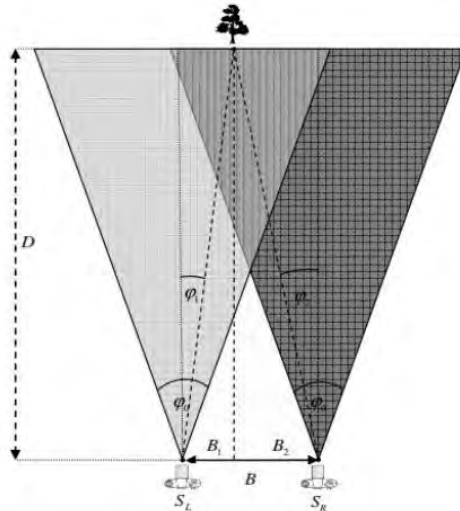
$$\frac{x-b}{z} = \frac{x'r}{f} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Kombinasi dari rumus 2.1 dan 2.2, didapat:

$$z = \frac{bf}{(x'l - x'r)} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

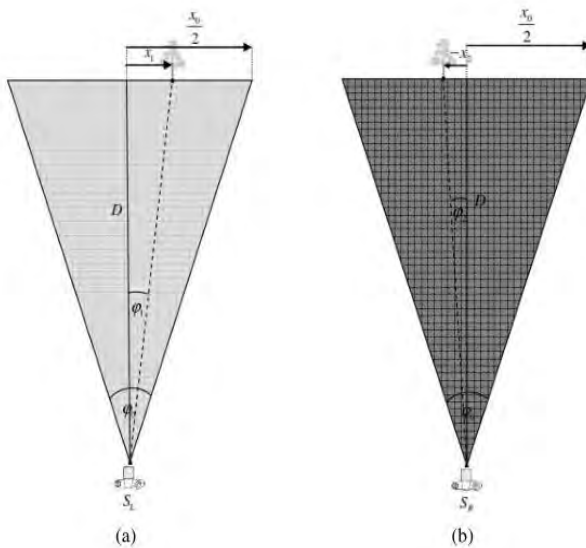
Dengan demikian, kedalaman pada berbagai titik *scene* dapat pilih

dengan mengetahui disparitas dari titik gambar yang sesuai. Karena sifat diskrit dari gambar digital, nilai disparitas adalah bilangan bulat (integer), kecuali algoritma khusus digunakan menghitung disparitas untuk akurasi *sub pixel*. Dengan demikian, untuk memberi parameter kamera, akurasi perhitungan kedalaman untuk mempertinggi titik *scene* dengan meningkatkan jarak *baseline* b , sehingga disparitas menjadi besar. Metode *stereopsis wideangle* untuk masalah lain, misalnya ketika *baseline* meningkat, sebagian dari semua titik *scene* yang dilihat kedua kamera menurun. Selanjutnya, daerah yang dilihat oleh kedua kamera cenderung tampil berbeda dalam satu gambar, dibandingkan dengan daerah gambar lain karena distorsi dari proyeksi perspektif, sehingga sulit untuk mengidentifikasi pasangan konjugasi. Sebelum membahas masalah mendeteksi dan pencocokan fitur pada sepasang gambar untuk memudahkan *stereopsis*, terlebih dahulu mempertimbangkan sistem dimana kamera berada dalam posisi umum dan orientasi.



Gambar 2.2 Skema Pengukuran Kamera Stereo [6].

Gambar 2.2 merupakan skema pengukuran pada kamera stereo atau *stereoscopy*. *Stereoscopy* adalah teknik yang digunakan untuk merekam dan mewakili *image* stereo kamera. *Image stereoscopic* dilakukan dengan kamera yang sepasang atau memiliki spesifikasi yang sama, baik sensor maupun lensa yang dilakukan. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menghitung jarak kamera stereo dengan objek yang terpilih. Sistem pengukuran dengan dua kamera ditunjukkan pada Gambar 2.2, yang dimisalkan mengukur jarak ke objek berupa pohon. Berikut adalah hasil tangkap kamera terhadap *image* berupa pohon jika diuraikan dari kamera yang terpisah.



Gambar 2.3 (a) Objek dilihat dari kamera kiri. (b) Objek dilihat dari kamera kanan [6].

Sistem pengukuran dengan dua kamera ditunjukkan pada Gambar 2.2, yang dimisalkan mengukur jarak ke objek berupa pohon. Gambar 2.3 adalah hasil tangkap kamera terhadap *image* berupa pohon jika diuraikan dari kamera yang terpisah. gambar 2.3

(a) merupakan ilustrasi obyek pohon yang ditangkap menggunakan kamera kiri, sedangkan gambar 2.3 (b) merupakan ilustrasi obyek pohon yang ditangkap dengan kamera kanan. Dapat dilihat dengan jelas terdapat perbedaan jarak x antara kamera kanan terhadap obyek dan kamera kiri terhadap obyek. Oleh karena itu, penentuan titik pusat koordinat harus ditentukan pada salah satu kamera.

2.3 Sisitem Koordinat *Homogeny*

Koordinat *homogeny* diperkenalkan oleh *August Ferdinand Mobius*, untuk membuat grafik dan perhitungan geometri proyektif yang mungkin dalam ruang. Koordinat Homogen adalah suatu cara untuk mewakili ruang N berkoordinasi dengan angka dimensi $N+1$. Untuk membuat *homogeny* 2D koordinat, diperlukan menambahkan vairabel tambahan, w , ke koordinat yang ada. Oleh karena itu, sebuah titik dalam koordinat *Cartesian*, (X, Y) menjadi (x, y, w) di koordinat *homogeny*. Dan X dan Y di *Cartesian* adalah dinyatakan kembali dengan x, y dan w sebagai suatu bentuk persamaan dalam membentuk koordinat *homogeny* sebagai berikut :

$$X = x/w \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Y = y/w \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

X = merupakan titik koordinat pada sumbu X dalam koordinat kartesian.

Y = merupakan titik koordinat pada sumbu Y dalam koordinat karetsian.

x/w = merupakan titik koordinat pada sumbu x dalam koordinat *homogeny* dengan skala w .

y/w = merupakan titik koordinat pada sumbu y dalam koordinat *homogeny* dengan skala w .

Sebagai contoh, sebuah titik dalam *Cartesian* $(1, 2)$ menjadi $(1, 2, 1)$ di koordinat *homogeny*. Jika titik $(1, 2)$, bergerak ke arah tak terbatas, hal tesebut akan menjadi (∞, ∞) dalam koordinat

Cartesian. Dan menjadi $(1, 2, 0)$ di koordinat *homogeny*, karena $(1/0, 2/0) = (\infty, \infty)$. Proses pengubahan dari *homogeny* koordinat (x,y,w) ke koordinat *Cartesian*, itu artinya w merupakan faktor skala bagi titik koordinat X dan Y . Sehingga titik koordinat memiliki batasan gerak sebesar w . Maka dari itu dapat dilakukan dengan cara melakukan proses pembagian antara nilai x dan y oleh w seperti pada persamaan 2.6 di bawah ini:

$$(x, y, z) \rightarrow \left(\frac{x}{w}, \frac{y}{w}\right) \dots\dots\dots(2.6)$$

Sebagai penjelasan sederhana dari proses tersebut, berikut adalah beberapa contoh dari persamaan 2.6.

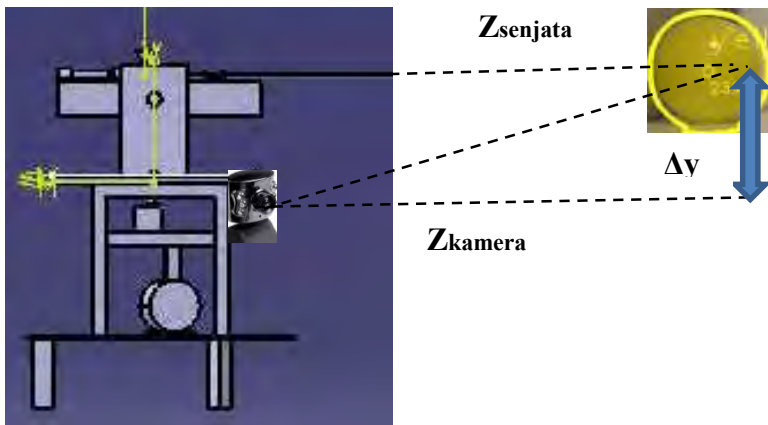
1. $(1,2,3) \rightarrow \left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}\right)$
2. $(4,8,12) \rightarrow \left(\frac{4}{12}, \frac{8}{12}\right) = \left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}\right)$
3. $(1a, 2a, 3a) \rightarrow \left(\frac{1a}{3a}, \frac{2a}{3a}\right) = \left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}\right)$

Hasil pengamatan dari proses tersebut diatas adalah titik–titik $(1,2,3)$, $(2,4,6)$ dan $(4,8,12)$ sesuai dengan titik *euclidean* yang memiliki nilai yang sama $(1/3, 2/3)$ dan setiap produk skalar, $(1a,2a,3a)$ adalah titik yang sama seperti $(1/3, 2/3)$ di ruang *Euclidean*. Oleh karena itu, titik–titik ini disebut dengan *homogeny*, karena mereka mewakili titik yang sama pada ruang *Euclides* (atau *Cartesian* ruang). Dengan kata lain, koordinat *homogeny* adalah *invariant* skalanya. Koordinat *homogeny* sangat berguna dan konsep fundamental dalam komputer grafis, seperti memproyeksikan sebuah scene 3D (tiga dimensi) ke bidang permukaan 2D (dua dimensi).

2.4 Transformasi Matriks

Teori transformasi 3 dimensi memegang peranan penting karena bagian ini merupakan ilmu dasar yang akan diimplentasikan pada sistem kendali pelontar peluru . Sebelum melangkah lebih jauh, sangat penting untuk mengetahui arti dari transformasi. Menurut Hearn-Baker, transformasi geometri adalah operasi yang diberikan pada gambaran geometri dari suatu objek untuk mengubah posisinya, orientasinya, atau ukurannya [7]. Jadi setiap

operasi yang dapat mengubah posisi, orientasi, dan ukuran dari gambaran objek geometri dapat disebut sebagai transformasi geometri. Pada tugas akhir ini hanya akan membahas dan menggunakan transformasi translasi, rotasi, penskalaan, dan *shearing*. Translasi, rotasi, penskalaan, dan *shearing* memiliki persamaan, yaitu sama-sama dapat memindahkan verteks-verteks (titik-titik) penyusun objek geometri, sementara yang membedakan keempatnya adalah cara atau bagaimana memindahkan verteks-verteks tersebut.



Gambar 2.4 Ilustrasi transformasi koordinat objek terhadap kamera ke koordinat senjata dengan perbedaan nilai ketinggian.

Perbedaan koordinat objek terhadap kamera stereo dengan koordinat objek terhadap laras senapan mengakibatkan adanya penyimpangan penembakan apabila tidak dilakukan transformasi matriks pada koordinat tersebut. Transformasi ini bertujuan agar laras dapat diarahkan tepat menuju objek yang menjadi target tembak. Pada tugas akhir ini akan digunakan sistem koordinat homogen. Sistem koordinat homogen menggunakan empat ordinat untuk menyatakan titik-titiknya, misal $P = (x_p, y_p, z_p, s)$ dimana ordinat keempat menyatakan faktor skala. Konversi ke sistem

koordinat kartesian dapat dilakukan dengan membagi ketiga ordinat yang lain dengan ordinat keempat sehingga titik (x_p, y_p, z_p, s) memiliki koordinat kartesian $(x_p/s, y_p/s, z_p/s)$. $P = [P_x \ P_y \ P_z \ s]$. Teori transformasi geometri 3 dimensi memegang peranan penting karena bagian ini merupakan ilmu dasar yang akan diimplementasikan pada program aplikasi. Sebelum melangkah lebih jauh, sangat penting untuk mengetahui arti dari transformasi geometri. Transformasi geometri adalah operasi yang diberikan pada gambaran geometri dari suatu objek untuk mengubah posisinya, orientasinya, atau ukurannya [7]. Jadi setiap operasi yang dapat mengubah posisi, orientasi, dan ukuran dari gambaran objek geometri dapat disebut sebagai transformasi geometri. Pada tugas akhir ini digunakan sistem koordinat *homogeny*. Sistem koordinat *homogeny* menggunakan empat ordinat untuk menyatakan titik-titiknya.

$$P = (x_p, y_p, z_p, s) \dots\dots\dots(2.7)$$

Ordinat keempat menyatakan faktor skala. konversi ke sistem koordinat kartesian dapat dilakukan dengan membagi ketiga ordinat yang lain dengan ordinat keempat sehingga titik (x_p, y_p, z_p, s) memiliki koordinat kartesian $(x_p/s, y_p/s, z_p/s)$. Titik hasil transformasi dapat diperoleh melalui persamaan 2.8.

$$Q = M * P \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan :

$Q = [q_x, q_y, q_z, 1]$ menyatakan matriks 1×4 yang berisi titik hasil transformasi.

$P = [p_x, p_y, p_z, 1]$ menyatakan matriks 1×4 yang berisi titik yang akan ditransformasikan.

M = Matriks transformasi berukuran 4×4 seperti pada persamaan 2.9.

$$M = \begin{bmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} & m_{03} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{20} & m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{30} & m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.9)$$

2.4.1 Transformasi Translasi

Transformasi translasi merupakan transformasi yang berfungsi memindahkan suatu objek dari posisi satu ke posisi lainnya melalui suatu garis lurus [7]. Translasi memiliki matriks seperti pada persamaan 2.10.

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & t_z & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.10)$$

Berikut contoh penggunaanya.

$$P' = P.T \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & t_z & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + t_x & y + t_y & z + t_z & 1 \end{bmatrix} \dots\dots(2.12)$$

Operasi invers dapat dilakukan dengan memberikan tanda negatif (-) pada t_x , t_y dan t_z sehingga hasil perkalian matriks menjadi $\begin{bmatrix} x-t_x & y-t_y & z-t_z & 1 \end{bmatrix}$.

2.4.2 Transformasi Rotasi

Transformasi rotasi dilakukan dengan memindahkan semua titik-titik dari suatu objek ke posisi yang baru dengan memutar titik-titik tersebut dengan sudut dan sumbu putar yang ditentukan [7]. Rotasi memiliki matriks seperti pada persamaan 2.13, 2.15, dan 2.17. Tiap sumbu memiliki matriks rotasi yang

bebeda.

$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ 0 & -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$P' = P \cdot R_x(\theta) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

P' = matriks 1x4 yang berisi titik hasil transformasi rotasi pada sumbu x.

P = matriks 1x4 yang berisi titik yang akan ditransformasi rotasi pada sumbu x.

$R_x(\theta)$ = matriks transformasi rotasi terhadap sumbu x yang berukuran 4x4 seperti pada persamaan 2.13.

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 & -\sin(\theta) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$P' = P \cdot R_y(\theta) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

P' = matriks 1x4 yang berisi titik hasil transformasi rotasi pada sumbu y.

P = matriks 1x4 yang berisi titik yang akan ditransformasi rotasi pada sumbu y.

$R_y(\theta)$ = matriks transformasi rotasi terhadap sumbu y yang berukuran 4x4 seperti pada persamaan 2.15.

$$R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$P' = P \cdot R_z(\theta) \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana:

P' = matriks 1x4 yang berisi titik hasil transformasi rotasi pada sumbu z.

P = matriks 1x4 yang berisi titik yang akan ditransformasi

rotasi pada sumbu z.

$Rz(\theta)$ = matriks transformasi rotasi terhadap sumbu z yang berukuran 4x4 seperti pada persamaan 2.17.

Operasi invers dapat dilakukan dengan memberikan tanda negatif (-) pada θ .

2.4.3 Operasi Nilai Matriks

Penentuan nilai matriks M yang dilakukan dalam pengujian ini menggunakan operasi matriks 4x4 untuk menemukan persamaan-persamaan guna memperoleh nilai pada setiap M. Operasi penyelesaian matriks 4x4 dapat dilakukan sebagai berikut,

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \\ 1' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

X' = Koordinat posisi x hasil transformasi.

Y' = Koordinat posisi y hasil transformasi.

Z' = Koordinat posisi z hasil transformasi.

$1'$ = Nilai skala pada koordinat hasil transformasi

X = Koordinat posisi x yang akan ditransformasikan.

Y = Koordinat posisi y yang akan ditransformasikan.

Z = Koordinat posisi z yang akan ditransformasikan.

1 = Nilai skala pada koordinat yang akan ditransformasikan.

$$X' = M_{11}.X + M_{12}.Y + M_{13}.Z + M_{14}.1 \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

$$Y' = M_{21}.X + M_{22}.Y + M_{23}.Z + M_{24}.1 \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

$$Z' = M_{31}.X + M_{32}.Y + M_{33}.Z + M_{34}.1 \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

$$1' = M_{41}.X + M_{42}.Y + M_{43}.Z + M_{44}.1 \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

Apabila rumus 2.19 diuraikan menjadi persamaan linier 4 variabel, maka logika penyelesaiannya adalah dengan menggunakan kaidah eliminasi dan substitusi.

2.4.4 Sistem Persamaan Linier 4 variabel

Matriks 4×4 yang digunakan untuk menentukan matriks M secara sederhana akan diselesaikan dengan menggunakan metode eliminasi dan substitusi dengan sistem persamaan linier 4 variabel. Sistem persamaan linear 4 variabel adalah himpunan 4 persamaan yang memiliki 4 variabel. Jika kurang dari 4 persamaan tentunya persamaan memiliki tak terhingga penyelesaian dan jika ada 5 persamaan atau lebih, bisa jadi tidak memiliki penyelesaian dan terjadi kontradiksi. Untuk menyelesaikan sistem persamaan linear 4 variabel maka bentuk ini kita sederhanakan menjadi sistem persamaan linear 3 variabel, baru kemudian kita sederhanakan menjadi sistem persamaan linear 2 variabel.

2.5 Komunikasi UART

UART atau *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* adalah bagian perangkat keras komputer yang menerjemahkan antara bit-bit paralel data dan bit-bit serial. UART biasanya berupa sirkuit terintegrasi yang digunakan untuk komunikasi serial pada komputer atau port serial perangkat peripheral. UART sekarang ini termasuk di dalam beberapa mikrokontroler.

UART atau *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* adalah protokol komunikasi yang umum digunakan dalam pengiriman data serial antara *device* satu dengan yang lainnya. Sebagai contoh komunikasi antara sesama mikrokontroler atau mikrokontroler ke PC. Dalam pengiriman data, *clock* antara pengirim dan penerima harus sama karena paket data dikirim tiap bit mengandalkan *clock* tersebut. Inilah salah satu keuntungan model *asynchronous* dalam pengiriman data karena dengan hanya satu kabel transmisi maka data dapat dikirimkan. Pada UART, kecepatan pengiriman data (*baud rate*) dan fase *clock* pada sisi *transmitter* dan sisi *receiver* harus sinkron. Untuk itu diperlukan sinkronisasi antara *transmitter* dan *receiver*. Hal ini dilakukan oleh bit *start* dan bit *stop*. Ketika saluran transmisi dalam keadaan *idle*, *output* UART adalah dalam keadaan logika 1. Ketika *transmitter*

ingin mengirimkan data, *output* UART akan diset dulu ke logika 0 untuk waktu satu bit. Sinyal ini pada *receiver* akan dikenali sebagai sinyal *start* yang digunakan untuk menyinkronkan *fase clock*nya sehingga sinkron dengan fase *clock transmitter*. Selanjutnya data akan dikirimkan secara serial dari bit yang paling rendah (bit0) sampai bit tertinggi. Selanjutnya akan dikirimkan sinyal *stop* sebagai akhir dari pengiriman data serial [8].

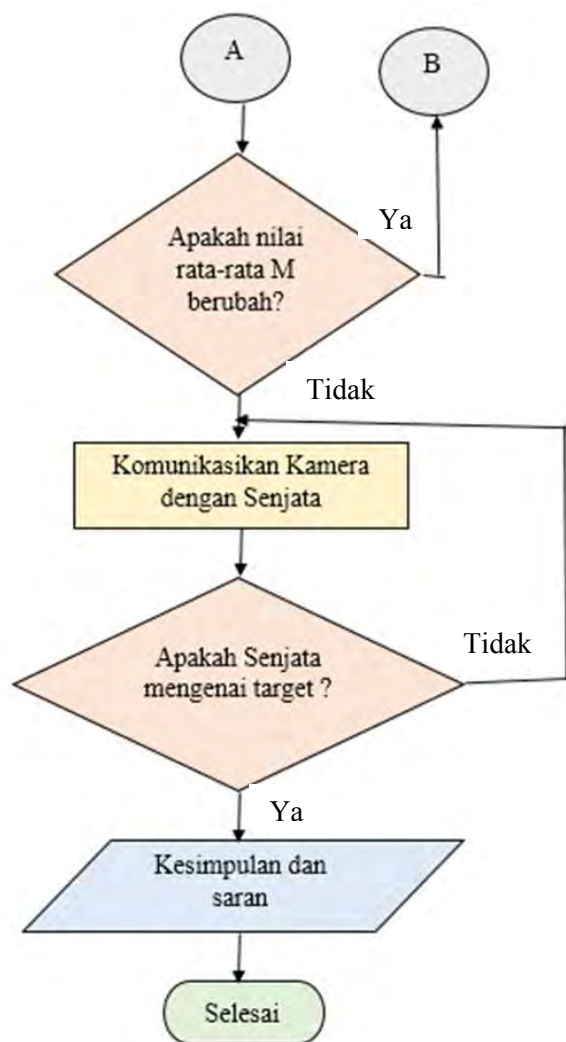
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metodologi Perancangan

Metodologi perancangan ini menggambarkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian. Secara umum langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Perancangan

3.2 Tahap Perancangan

Berdasarkan *flowchart* pada gambar 3.1, berikut adalah penjelasan dari langkah-langkah penelitian secara detail:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan sebagai tahap awal dan dasar dalam memulai proposal tugas akhir ini. Pada tahap ini juga dilakukan pengumpulan data terkait dengan pengembangan senjata berbasis *autotracking system*.

2. Perumusan masalah

Langkah ini dilakukan untuk menentukan permasalahan yang akan dikaji dan dicari solusi terbaiknya. Dalam tugas akhir ini rumusan masalahnya adalah bagaimana merancang pengendali yang dapat mengkomunikasikan kamera dengan senjata dan bagaimanakah hubungan antara koordinat kamera terhadap objek dengan koordinat pelontar peluru terhadap objek tembak agar dapat dianalisa untuk dirumuskan.

3. Pemilihan komponen dan perancangan kendali

Pada tahap ini dilakukan pemilihan komponen-komponen yang sesuai terkait dengan perancangan sistem *autotracking* untuk pelontar peluru. Informasi lengkap mengenai perangkat keras penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

- a) PC (*Personal Computer*)

PC (*Personal Computer*) dengan spesifikasi *memory* 4GB RAM, intel® Core™ i5. PC digunakan untuk mengolah masukan *image*.

- b) *Web camera*

Web camera merupakan perangkat yang digunakan untuk menangkap *image* dari objek.

- c) *Minimum System*

Minimum system merupakan sebuah rangkaian yang terdiri dari mikrokontroler dan beberapa sub rangkaian lain yang terhubung dengan *port* yang terdapat pada mikrokontroller. *Mini system* ini

bertugas menerima perintah dari pc dan melaksanakannya, dimana komunikasi dilakukan secara serial.

d) Aktuator

Perlengkapan terakhir dari sistem ini adalah aktuator. Stimulus atau rangsangan dapat diberikan kepada sistem dengan menggunakan aktuator. Beberapa aktuator yang dimiliki oleh sistem ini adalah:

- Dua buah motor servo (*up/down* dan *right/left*)
- Laras senapan

Motor yang tersedia berguna untuk menggerakkan laras senapan guna melakukan penembakan terhadap objek yang sebelumnya dibidik oleh kamera.

4. Pengambilan data target berdasarkan kamera dan senjata terhadap target yang bergerak

Pada tahap ini dilakukan pengukuran target dengan menggunakan kamera stereo. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut maka diperoleh koordinat posisi target $[x;y;z]$. Berikutnya senapan diarahkan ke target agar diperoleh koordinat senjata terhadap target tembak. Sehingga diperoleh data koordinat kamera dan senjata terhadap target. Adapun posisi dari obyek terhadap kamera yang diambil sebagai data adalah sebagai berikut $[17;5;300]$, $[17;20;300]$, $[-18;6;300]$, $[-32;7;300]$, $[32;7;300]$, $[-15;20;300]$, $[-31;20;300]$, $[32;20;300]$, $[-15;9;240]$, $[13;9;240]$, $[-30;8;240]$, $[30;8;240]$, $[-15;20;240]$, $[13;20;240]$, $[-30;20;240]$, $[30;20;240]$, $[-15;8;200]$, $[14;9;200]$, $[20;9;200]$, $[-20;9;200]$, $[-15;20;200]$, $[14;20;200]$.

5. Perhitungan matriks M

Pada tahap ini dihitung matriks M berdasarkan formula berikut, $Q = M \cdot P$. Dimana Q merupakan matriks 4×1 yang merupakan koordinat posisi senjata terhadap target, sedangkan P merupakan matriks 4×1 yang

merupakan koordinat posisi kamera terhadap target. Sementara M merupakan matriks transformasi berukuran 4×4 yang dicari. Sebelum menentukan nilai matriks M ke dalam matriks, terlebih dahulu menghitung nilai rata-rata M_{11} , M_{12} , hingga M_{44} hingga nilai rata-rata pada tiap data tidak berubah.

6. Mengkomunikasikan kamera dengan senjata

Mengkomunikasikan kamera dengan senjata merupakan tahap berikutnya yang harus dilakukan untuk membuktikan hubungan antara koordinat antara kamera dengan senjata terhadap objek.

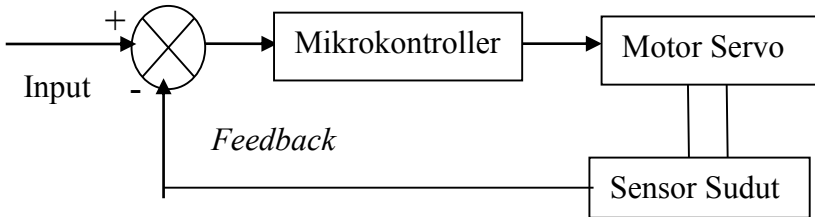
7. Evaluasi tembakan senjata terhadap target

Nilai M yang diperoleh melalui proses sebelumnya, akan diuji coba dalam pembuatan program kendali senjata. Apabila senjata tidak mampu mengenai target, maka akan dilakukan proses komunikasi antara kamera dengan senjata ulang. Akan tetapi bila senjata telah mampu mengenai target, maka akan dilanjutkan pada tahap berikutnya, yakni menarik kesimpulan dan saran.

8. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan dari penelitian tugas akhir dapat diambil jika sistem kendali pelontar peluru ini telah bekerja dengan baik. Kesimpulan berupa hubungan antara kamera dan senjata terhadap koordinat target yang didapat dari pengujian sistem kendali pelontar peluru dengan.

3.3 Blok Diagram Sistem



Gambar 3.2 Diagram Kontrol Pelontar Peluru.

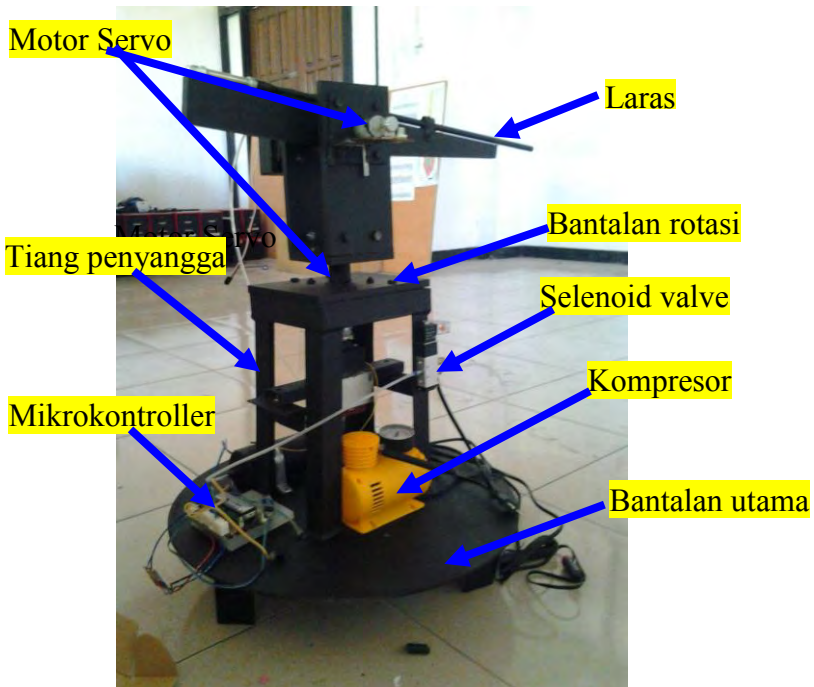
Sistem kontrol yang digunakan dalam pelontar peluru adalah sistem *close loop* dimana *input* berupa *image* diberikan oleh kamera untuk diolah oleh *PC* melalui *software* sehingga dapat dikomunikasikan dengan pelontar peluru melalui *minimum system*. Setelah mendapatkan perintah dari *minsys*, pelontar peluru akan bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan. Laras pelontar peluru yang mengarah ke posisi objek akan dikoreksi oleh sensor posisi. Sensor posisi dipasang pada poros sumbu putar untuk memberikan *feedback* posisi aktual dari motor apakah posisi laras pelontar peluru telah sesuai dengan posisi yang diinginkan atau tidak.

BAB IV

PERANCANGAN KENDALI SENJATA

4.1 Konfigurasi Sistem Mekanik Perlontar Peluru

Pelontar peluru merupakan suatu konstruksi senjata yang memungkinkan untuk menembakkan peluru ke sasaran tembak. Sistem pelontar peluru dibuat menyerupai selongsong meriam yang dapat digerakkan secara inklinasi (digerakkan searah sumbu y) dan rotasi (searah sumbu x) yang digerakkan oleh penggerak motor servo secara otomatis. Biasanya pelontar peluru akan mengeluarkan tembakan dengan yang diatur oleh operator atau *snipper* di belakangnya. Dalam tugas akhir ini, pelontar peluru akan bekerja secara otomatis dengan inputan berupa *image* target. *Image* yang menjadi inputan kemudian diolah dengan menggunakan *software* untuk dicari tahu koordinat posisinya. Setelah didapat koordinat posisinya kemudian dilakukan komunikasi ke mikrokontroller. Mikrokontroller yang mendapatkan informasi kemudian memberi perintah kepada motor servo untuk bergerak, sehingga pelontar peluru mampu bergerak sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 4.1 Konstruksi *prototype* pelontar peluru

Secara umum konstruksi dari pelontar peluru sangatlah sederhana, terdiri dari selongsong peluru sebagai pengarah, bantalan rotasi, landasan utama, motor dan lain-lain. Konstruksi pelontar peluru yang digunakan dalam tugas akhir ini ditunjukkan pada gambar 4.1. Dari gambar 4.1 dapat dilihat bagian-bagian utama pada konstruksi pelontar peluru. Bantalan utama berupa plat besi setebal 50 mm yang berfungsi sebagai pondasi tempat dipasangnya tiang penyangga untuk bantalan rotasi dan tempat dipasangnya *selenoid valve*. Bantalan rotasi pada pelontar peluru berhubungan langsung dengan motor penggerak pelontar ke arah sumbu x. Motor juga menghubungkan antara bantalan rotasi dengan papan penyangga penembak. Agar laras dapat bergerak

naik turun (membentuk sudut elevasi), maka pada sisi kiri pangkal laras dipasang motor penggerak.

4.2 Konfigurasi Sistem Kontrol Pelontar Peluru

Pengaturan arah sudut pelontar peluru dilakukan dengan menggunakan motor servo DC. Untuk mengontrol motor ini digunakan perangkat-perangkat pendukung seperti PC, mikrokontroller, dan program pendukung. Dalam mengoperasikan arduino digunakan beberapa fungsi program yang telah disediakan dalam *library function* arduino diantaranya adalah sebagai berikut:

a. *Include* <stdio.h>

Library stdio.h adalah pustaka pada bahasa C yang digunakan untuk operasi *input-output* (stdio = Standar *Input* dan *Output*). Tanpa menggunakan *library* ini maka perintah-perintah *input* dan *output* tidak dapat dieksekusi.

b. *Include* <math.h>

Library math.h merupakan sebuah pustaka yang disediakan untuk melakukan perhitungan secara matematika.

c. *Include* <stdlib.h>

Library stdlib.h kepanjangan dari standar *library* yang merupakan fungsi *header* merupakan fungsi untuk menggunakan standar pustaka dalam program.

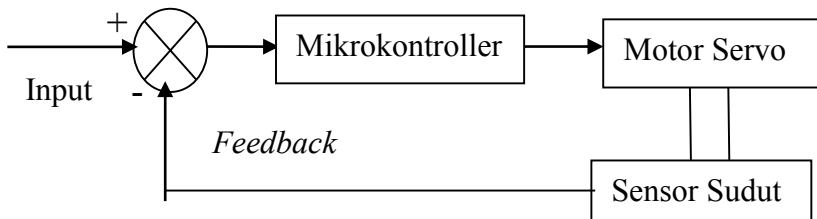
d. *Include* <SoftwareSerial.h>

Include SoftwareSerial.h berfungsi untuk memanggil *library* komunikasi serial pada *software* arduino.

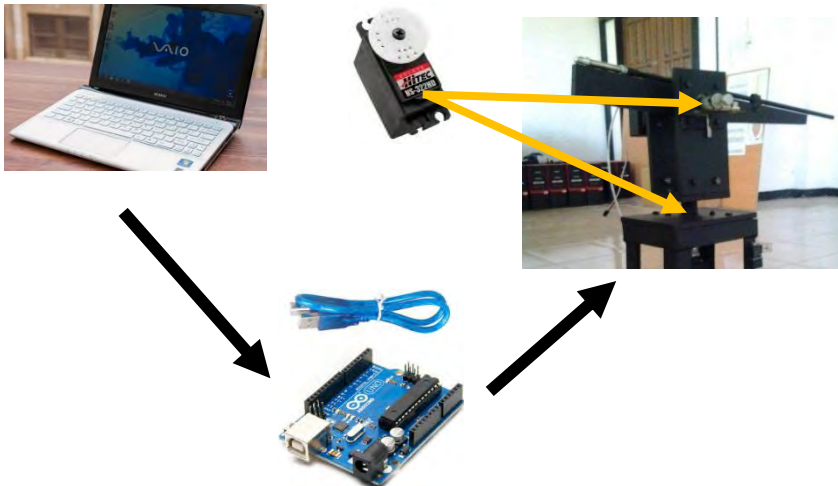
e. *Include* <LiquidCrystal.h>

Include <LiquidCrystal.h> merupakan pustaka khusus untuk LCD, dengan menggunakan pustaka ini pemrograman LCD menjadi sangat mudah.

Dalam penggunaan *library-library* tersebut fungsinya akan terlihat ketika dikonfigurasi dengan perangkat keras pendukungnya. Berikut adalah skema sistem kontrol pelontar peluru dan konfigurasi perangkat keras sistem yang dapat dilihat pada gambar 4.2. dan 4.3.



Gambar 4.2 Skema sistem kontrol pelontar peluru



Gambar 4.3 Konfigurasi sistem kontrol pelontar peluru dan perangkat kerasnya.

Pada gambar 4.2 dapat diketahui bahwa sistem kontrol yang digunakan dalam pelontar peluru adalah sistem *close loop* dimana *input* berupa *image* diberikan oleh kamera untuk diolah oleh *PC* melalui *software* sehingga dapat dikomunikasikan dengan pelontar peluru melalui *minimum system*. Setelah mendapatkan perintah dari *minsys*, pelontar peluru akan bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan. Laras pelontar peluru yang mengarah ke

posisi objek akan dikoreksi oleh sensor posisi. Sensor posisi dipasang pada poros sumbu putar untuk memberikan *feedback* posisi aktual dari motor apakah posisi laras pelontar peluru telah sesuai dengan posisi yang diinginkan atau tidak. Sementara konfigurasi sistem kontrol pelontar peluru dan perangkat kerasnya dapat dilihat pada gambar 4.3. Diketahui bahwa mikrokontroller yang digunakan adalah arduino jenis uno yang sekaligus merupakan minimum sistem yang sederhana. Minimum sistem inilah yang kemudian memberikan perintah kepada dua buah motor servo yang terletak di ujung poros bagian kanan atas lengan sebagai penggerak pelontar secara elevasi. Sedangkan motor servo kedua yang digerakkan terletak pada bagian bawah penyangga lengan pelontar sehingga pelontar peluru mampu bergerak ke arah kanan dan kiri sebagai membentuk sudut azimut.

4.3 Perangkat Pendukung

Proses pembuatan perangkat keras (*hardware*) unit kontrol untuk alat pelontar Peluru Dengan dua sumbu putar ini memerlukan beberapa macam komponen. Komponen yang digunakan memiliki spesifikasi seperti pada tabel berikut ini.

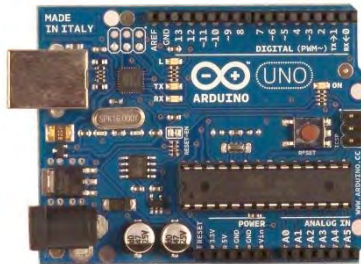
1. Mikrokontroller Arduino Uno

Mikrokontroler adalah komputer mikro dalam satu chip tunggal. Mikrokontroler memadukan CPU, ROM, RWM, I/O paralel, I/O seri, *counter-timer*, dan rangkaian *clock* dalam satu chip. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Cara kerja mikrokontroler adalah membaca dan menulis data. Berikut spesifikasi dari arduino yang digunakan:

Tabel 4.1 Mikrokontroller Arduino Uno

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g



Gambar 4.4 Arduino Uno Rev3

Arduino uno merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega328. Mikrokontroler ini beroperasi pada tegangan sebesar 5 volt untuk setiap komponen yang diaktifikannya. Agar arduino

bekerja optimal baik dalam menggerakkan komponen motor maupun menyalakan lcd, maka direkomendasikan untuk memberikan tegangan *inputan* sebesar 7 hingga 12 volt. Akan tetapi jika komponen yang hendak dijalankan lebih dari 2 jenis misal dua motor, lcd dan led maka diperlukan tegangan yang lebih, biasanya diberi batasan inputan maksimal 20 volt. Arduino uno memiliki 14 digital pin *input/output*, dimana 6 pin digunakan sebagai *output* PWM, 6 pin input analog, dengan *clock speed* sebesar 16 MHz resonator keramik. Memiliki *connector* USB dan *jack* catu daya eksternal sebagai *inputan* tegangan tambahan. Pada papan arduino juga terdapat tombol *reset* untuk mengulang kembali suatu proses pada arduino yang telah diupload sebelumnya. Arduino uno memiliki dimensi geometri panjang 68.6 mm dan lebar 53.4 mm serta berat 25 gram.

2. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Display elektronik atau LCD adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data, baik karakter, huruf maupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*.



Gambar 4.5 LCD 16x2

Proses pembacaan data pada register perintah biasa digunakan untuk melihat status *busy* dari LCD atau membaca *Address Counter*. RS diatur pada logika 0 untuk akses ke

Register Perintah, R/W diatur pada logika 1 yang menunjukkan proses pembacaan data. 4 bit *nibble* tinggi dibaca dengan diawali pulsa logika 1 pada E Clock dan kemudian 4 bit *nibble* rendah dibaca dengan diawali pulsa logika 1 pada E Clock. Untuk Mode 8 bit *interface*, pembacaan 8 bit (*nibble* tinggi dan rendah) dilakukan sekaligus dengan diawali sebuah pulsa logika 1 pada E Clock.

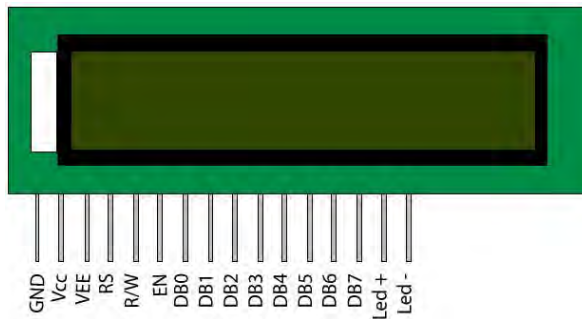
Berikut adalah fitur LCD yang digunakan:

- Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- Terdapat karakter generator terprogram.
- Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
- Dilengkapi dengan *back light*.

Berikut adalah spesifikasi kaki LCD 16x2

Tabel 4.2 Spesifikasi kaki LCD 16x2.

PIN	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur kontras / VEE
4	“RS” Instruction/register Select
5	“R/W” Read/Write LCD Registers
6	“EN” Enable
7-14	Data I/O Pins
15	Vcc
16	Ground



Gambar 4.6 Pin pada LCD 16x2

Berdasarkan pembacaan tabel diatas, lcd 16x2 memiliki 16 pin. Dimana tiap-tiap pin memiliki peran dan fungsi yang berbeda. Pin 1 merupakan pin yang harus dihubungkan dengan *ground* pada mikrokontroller. Pin 2 adalah pin Vcc, bagian ini memiliki fungsi yaitu sebagai penyuplai tegangan. Secara umum LCD membutuhkan tegangan sebesar 5V (4.7V – 5.3V). Pin 3 merupakan pin yang berfungsi sebagai pengatur kontras pada lcd, biasanya pin ini juga dihubungkan dengan variabel resistor. Pin 4 pada lcd berfungsi untuk menangkap sinyal ketika register data yang diterima *high* atau *low*. Pin 5 pada lcd berfungsi meneruskan perintah berupa register data *high* atau *low*, jika data *high* maka akan dibaca namun bila data *low* maka akan diterjemahkan sebagai perintah tulis oleh pin 5. Pin 6 merupakan pin yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal data ke pin data saat diberikan *pulse* dari tinggi ke rendah. Pin 7 sampai pin 14 merupakan pin data dengan mode 8-bit. Pin data ini berfungsi sebagai penerima sinyal *input* atau *output* data sesuai dengan kebutuhan.

3. Kabel *Jumper*

Kabel merupakan salah satu komponen yang dibutuhkan dalam perancangan sistem kendali pelontar peluru. Untuk menghubungkan antara LCD dengan mikrokontroller maka diperlukanlah kabel *jumper* sebagai penghubungnya. Kabel

yang khusus ujung pinnya disesuaikan dengan lubang-lubang breadboard, ujungnya agak kaku dan tengahnya lentur atau lemas seperti kabel biasa, berikut pada gambar 4.7 merupakan gambar dari kabel *jumpper*.



Gambar 4.7 Kabel *Jumper Male Female*

Secara umum kabel *jumpper* yang digunakan adalah *male to female*, *female to female* dan *male to male*. Kabel ini memiliki ukuran panjang yang berbeda-beda, mulai dari 15 cm, 20 cm hingga 30 cm. Selain itu ujung dari kabel *jumpper* juga beragam, ada yang pipih menempel ada pula yang runcing namun tidak melekat satu sama lain.

4. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo merupakan salah satu jenis motor DC. Berbeda dengan motor stepper, motor servo beroperasi secara *close loop*. Poros motor dihubungkan dengan rangkaian kendali, sehingga jika putaran poros belum sampai pada posisi yang diperintahkan maka rangkaian kendali akan terus mengoreksi posisi hingga mencapai posisi yang diperintahkan. Motor servo banyak digunakan pada peranti R/C (*remote control*) seperti mobil, pesawat, helikopter, dan kapal, serta sebagai aktuator robot maupun penggerak pada kamera. Dalam tugas akhir ini motor servo digunakan untuk menggerakkan pelontar peluru baik pada

arah horizontal (rotasi) maupun vertikal (elevasi). Oleh karena itu digunakan dua buah motor servo.

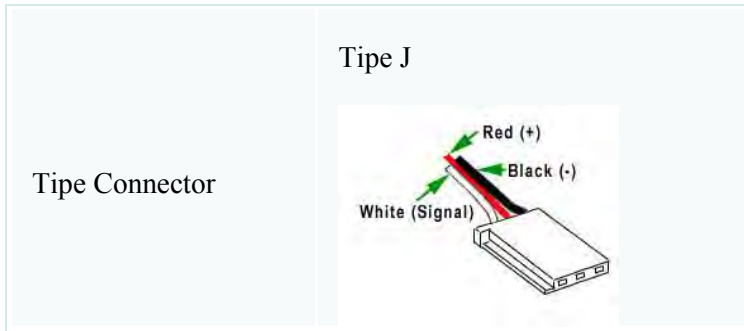


Gambar 4.8 Motor Servo Futaba S3003

Berikut adalah beberapa spesifikasi dari motor servo yang digunakan:

Tabel 4.3 Spesifikasi motor servo Futaba S3003.

Modulasi	Analog
Torsi	4.8 V : 3.17 kg-cm
	6.0 V : 4.10 kg-cm
Kecepatan	4.8 V : 0.23 sec/60°
	6.0 V : 0.19 sec/60°
Berat	37.0 g
Dimensi	Panjang : 39.9 mm
	Lebar : 20.1 mm
	Tinggi : 36.1 mm
Jenis Gear	Plastik
Rotasi/Support	Bushing
Kisaran Rotasi	60°
Pulse Cycle	30 ms
Pulse Width	500-3000 μ s



Berdasarkan *datasheet* servo futaba s3003 pada tabel 4.3 diatas maka dapat diketahui bahwa modulasi dari motor servo tersebut adalah analog. Memiliki torsi yang berbeda untuk setiap inputan tegangan yang diberikan, yaitu 3.17 kg-cm untuk 4.8 V dan 4.10 kg-cm untuk 6.0 V. Memiliki kecepatan untuk berotasi sebesar 0.23 sec/60° untuk inputan tegangan sebesar 4.8 V dan 0.19 sec/60° untuk tagangan masukkan sebesar 6.0 V. Motor servo adalah sebuah aktuator yang bergerak dalam poros yang mempunyai spesifikasi untuk control posisi sudut yang presisi. Banyak jenis motor servo salah satu yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Futuba S3003 yang ditunjukkan pada gambar 4.8.

5. *Buck Converter*

Buck converter merupakan rangkaian daya elektronika yang dapat merubah tegangan DC pada nilai tertentu menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Untuk mendapatkan nilai tegangan yang lebih rendah daripada masukkannya, *buck converter* menggunakan komponen switching untuk mengatur *duty cyclenya*.



Gambar 4.9 *Buck Converter* hip LM2596HVS

Buck converter hip LM2596HVS berbeda dengan LM2596S, fungsi sama tetapi ini mempunyai input tegangan yang lebih lebar yaitu 4.5V sampai dengan 53V. Jadi module ini lebih luas dalam pemakaian terutama yang mempunya sistem *voltage source* tegangan di 48V. Tegangan input harus lebih besar dari tegangan output setidaknya minimal 1.5-2V. Jika output 2.5A / 10W lebih dan di sarankan chip LM2596HVS diberi tambahan *heatsink*. Berikut adalah spesifikasi dari komponen *buck converter* yang digunakan.

Tabel 4.4 Spesifikasi *Buck Convert* hip LM2596HVS

Jenis/ nama	LM2596HVS DC-Dc step-down module
Tegangan Input	4,5 V – 53 V
Tegangan Output	3V - 40V (adjustable)
Arus Output	3A (max)
Efisiensi Konversi	92% (the highest)
Output Ripple	30mV
Switching frequency	150KHz

Temperatur Operasi	-45 °C ~ +85 °C
Dimensi	43mm x 21mm x 14mm (L * W * H)

6. *Power Supply*

Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan catu daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *power supply* atau catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *power supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*. Pada tugas akhir ini digunakan 2 buah adaptor, dimana adaptor pertama digunakan sebagai *power supply* motor servo dan adaptor kedua digunakan sebagai *power supply* LCD. Berikut adalah spesifikasi dari adaptor yang digunakan pada alat pelontar peluru ini:

Tabel 4.5 Spesifikasi Adaptor *switch Power*.

Jenis/ nama	ADAPTOR SWITCH POWER SUPPLY
Model	S024EV1200150
Input	100 -240V ~ 50/60 HZ 600mA
Output	12V - 1500mA



Gambar 4.10 *Switching Power Supply*

Switching power supply merupakan *power supply* dengan regulasi *switching*. *Power supply* jenis ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan *power supply* jenis lain. Diantara kelebihanya yaitu memiliki efisiensi daya yang besar jika dibandingkan dengan *power supply* jenis LM78xx. Tegangan regulasi dihasilkan dengan cara *switching* transistor seri 'on' atau 'off', dengan demikian *duty cycle* yang dihasilkan menentukan tegangan DC rata-rata. *Duty cycle* dapat diatur melalui *feedback* negatif. Feedback ini dihasilkan dari suatu komparator tegangan yang membandingkan tegangan DC rata-rata dengan tegangan referensi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

ESTIMASI NILAI MATRIKS TRANSFORMASI

5.1 Pengujian dan Penentuan Nilai Matriks Transformasi

Teori transformasi geometri 3 dimensi memegang peranan penting karena bagian ini merupakan ilmu dasar yang akan diimplentasikan pada program aplikasi. Sebelum melangkah lebih jauh, sangat penting untuk mengetahui arti dari transformasi geometri. Transformasi geometri adalah operasi yang diberikan pada gambaran geometri dari suatu objek untuk mengubah posisinya, orientasinya, atau ukurannya. Pada tugas akhir ini digunakan sistem koordinat *homogeny*. Sistem koordinat *homogeny* menggunakan empat ordinat untuk menyatakan titik-titiknya. Ordinat keempat menyatakan faktor skala. konversi ke sistem koordinat kartesian dapat dilakukan dengan membagi ketiga ordinat yang lain dengan ordinat keempat sehingga titik (x_p, y_p, z_p, s) memiliki koordinat kartesian $(x_p/s, y_p/s, z_p/s)$. Titik hasil transformasi dapat diperoleh melalui persamaan 2.8.

$$Q = M * P$$

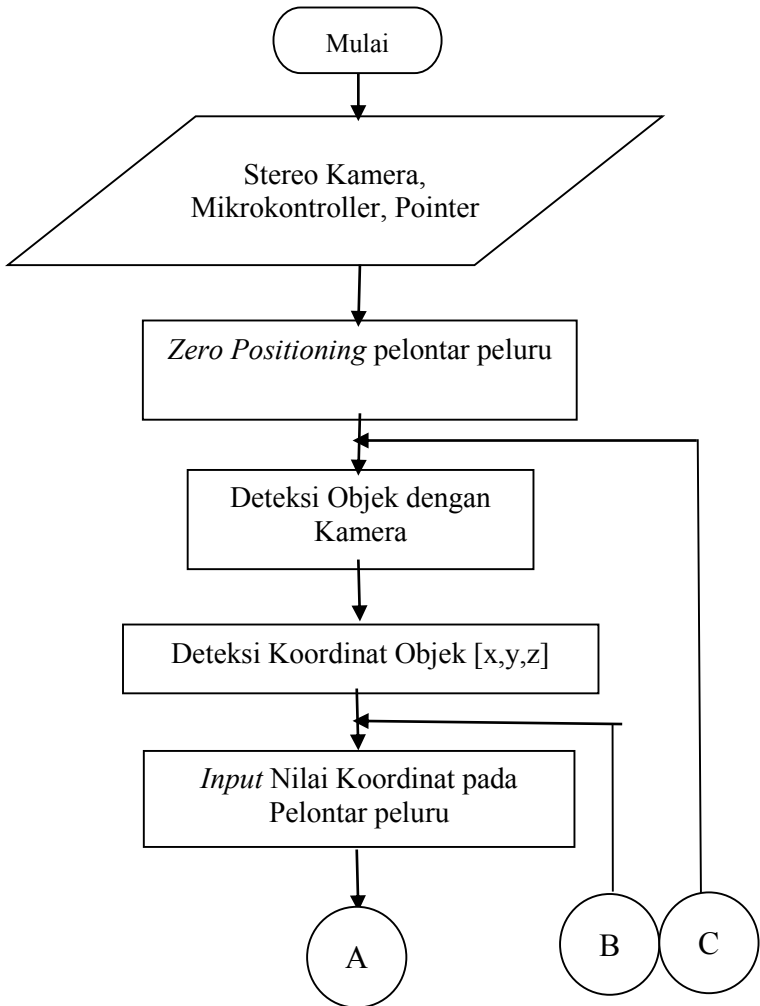
dengan :

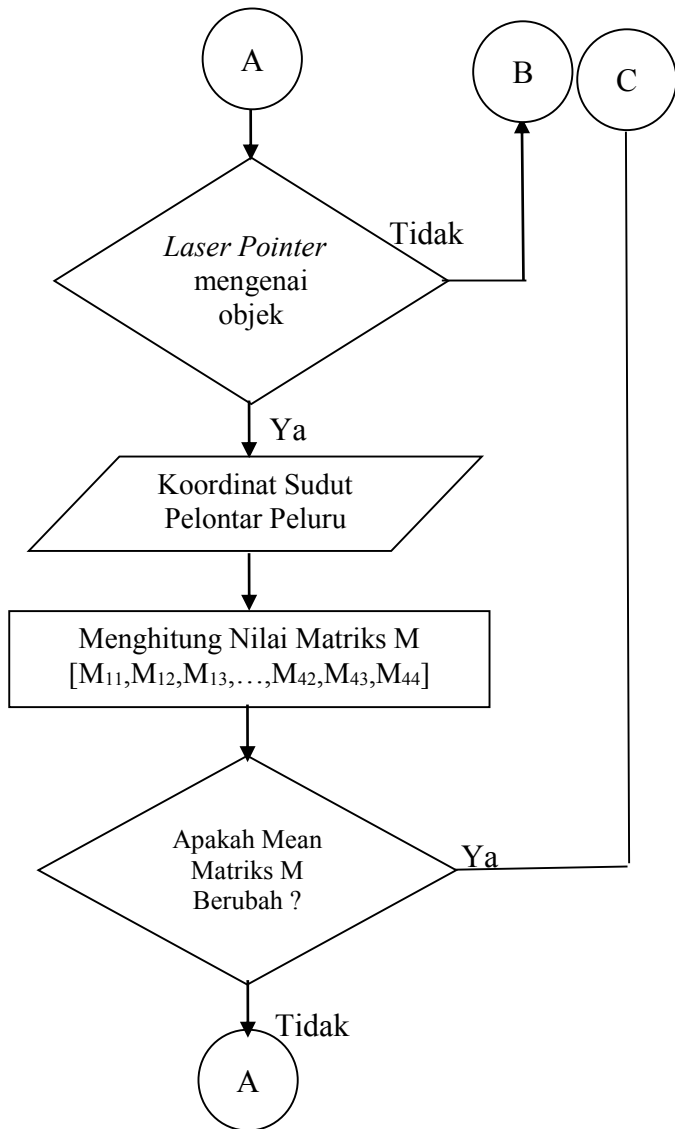
$Q = [qx, qy, qz, 1]$ menyatakan matriks 1×4 yang berisi titik hasil transformasi.

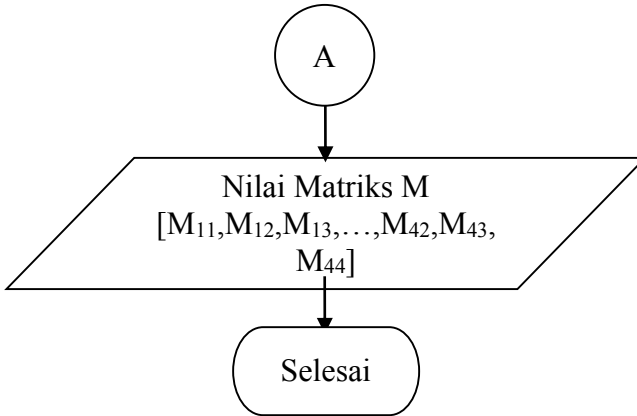
$P = [px, py, pz, 1]$ menyatakan matriks 1×4 yang berisi titik yang akan ditransformasikan.

M = Matriks transformasi berukuran 4×4 seperti pada persamaan 2.9.

Dalam menentukan nilai matriks transformasi, diperlukan beberapa tahap pengujian seperti pada *flowchart* pada gambar 5.1 berikut ini.







Gambar 5.1 *Flowchart* Penentuan Nilai Matriks M

5.2 Menghitung Nilai Matriks M

Berdasarkan *flowchart* pada gambar 5.1, untuk memperoleh satu baris nilai matriks misalkan M_{11} , M_{12} , M_{13} , M_{14} dibutuhkan empat buah persamaan. Sehingga untuk mendapatkan nilai matriks 4x4 dibutuhkan 16 persamaan. Sementara untuk memperoleh nilai rata-rata dari tiap matrik ($M_{11}, M_{12}, \dots, M_{44}$) diperlukan sedikitnya 3 matriks 4x4. Pada tugas akhir ini digunakan sejumlah 32 matriks 4x4 untuk mendapatkan nilai rata-rata yang sama. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut,

$$\begin{bmatrix} Xk \\ Yk \\ Zk \\ 1k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} XS \\ YS \\ ZS \\ 1s \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5.1)$$

Dimana :

Xk = Koordinat posisi X sensor kamera terhadap objek dalam satuan radian.

Yk = Koordinat posisi Y sensor kamera terhadap objek dalam satuan radian.

Zk = Koordinat posisi Z sensor kamera terhadap objek dalam satuan radian.

l_k = Nilai skala pada koordinat sensor kamera terhadap objek.
 X_s = Koordinat posisi X pelontar peluru terhadap objek dalam satuan radian.

Y_s = Koordinat posisi Y pelontar peluru terhadap objek dalam satuan radian.

Z_s = Koordinat posisi Z pelontar peluru terhadap objek dalam satuan radian.

l_s = Nilai skala pada koordinat pelontar peluru terhadap objek.

$$X_k = M_{11}.X_s + M_{12}.Y_s + M_{13}.Z_s + M_{14}.l_s$$

$$Y_k = M_{21}.X_s + M_{22}.Y_s + M_{23}.Z_s + M_{24}.l_s$$

$$Z_k = M_{31}.X_s + M_{32}.Y_s + M_{33}.Z_s + M_{34}.l_s$$

$$l_k = M_{41}.X_s + M_{42}.Y_s + M_{43}.Z_s + M_{44}.l_s$$

Empat data dibutuhkan untuk memperoleh nilai-nilai matriks M secara utuh seperti yang didapatkan pada table 5.1. Pada tabel 5.1 diperoleh data awal berupa sudut derajat motor servo, sementara dalam aplikasinya sudut yang akan dihitung merupakan sudut aktual dari pelontar peluru. Sudut aktual pelontar peluru diukur dengan menggunakan busur derajat yang diletakkan pada sisi kiri lengan pelontar untuk mengukur sudut elevasi, sementara busur azimuth diletakkan di bawah pangkal lengan laras pelontar peluru. Oleh karena itu perlunya konfersi dari bentuk derajat ke dalam satuan panjang cm. Berikut akan diulas mengenai contoh perhitungan cara konfersi satuan.

Contoh perhitungan :

Konfersi derajat ke radian.

$$\frac{\theta_1}{180} \times \pi = \frac{4}{180} \times \pi = 0.069 \text{ radian.}$$

$$\frac{\theta_2}{180} \times \pi = \frac{2}{180} \times \pi = 0.034 \text{ radian.}$$

Konfersi radian ke cm.

$$X_s = Z_s \tan 0,069 \text{ radian}$$

$$X_s = 309 \tan 0,069$$

$$= 21,35 \text{ cm.}$$

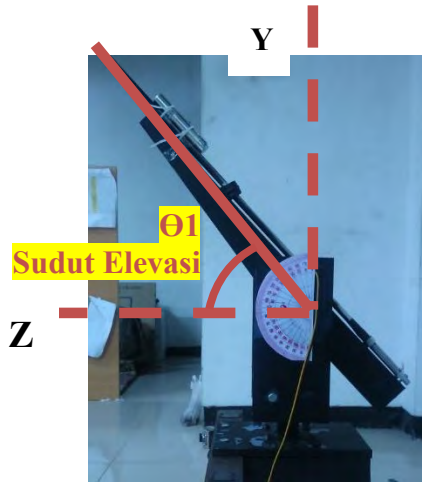
$$Y_s = Z_s \tan 0,035$$

$$Y_s = 309 \tan 0,035$$

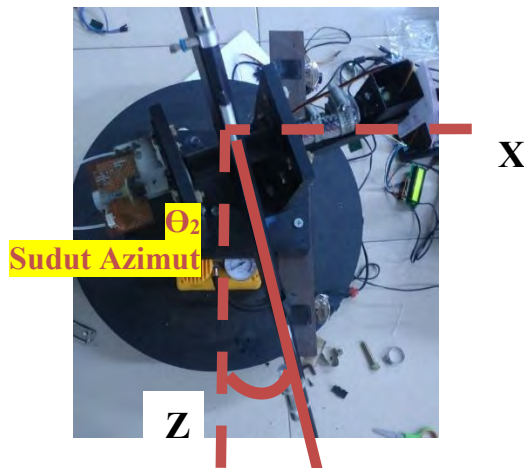
$$= 10,8 \text{ cm.}$$

Tabel 5.1 contoh data koordinat objek terhadap pelontar peluru yang diambil berdasarkan pengujian pada koordinat objek terhadap kamera sebesar [17;20;300] dalam satuan cm.

Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X (rad)	Y (rad)	Z (cm)	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
4°	1°	0.069	0.017	309	21.607	5.393	309
4°	2°	0.069	0.034	309	21.607	10.790	309
3°	2°	0.052	0.034	309	16.194	10.790	309
4°	1°	0.069	0.017	309	21.607	5.393	309
4°	1°	0.069	0.017	309	21.607	5.393	309
3°	2°	0.052	0.034	309	16.194	10.790	309
4°	1°	0.069	0.017	309	21.607	5.393	309
3°	2°	0.052	0.034	309	16.194	10.790	309



Gambar 5.2 Pengukuran Sudut Elevasi Pelontar Peluru



Gambar 5.3 Pengukuran Sudut Azimut

$$\begin{bmatrix} 17 \\ 20 \\ 300 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 21.607 \\ 5.393 \\ 309 \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(a)$$

$$\begin{bmatrix} 17 \\ 20 \\ 300 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 21.607 \\ 10.790 \\ 309 \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(b)$$

$$\begin{bmatrix} 17 \\ 20 \\ 300 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16.194 \\ 10.790 \\ 309 \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(c)$$

$$\begin{bmatrix} 17 \\ 20 \\ 300 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 21.607 \\ 5.393 \\ 309 \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(d)$$

Berdasarkan perkalian matriks pada keempat persamaan (a), (b), (c) dan (d) untuk mencari nilai matriks M_{11} , M_{12} , M_{13} , M_{14} , maka berikut adalah penyelesaiannya.

$$\begin{aligned} 17 &= M_{11} * 21,607 + M_{12} * 5,393 + M_{13} * 309 + M_{14} * 1 \\ 17 &= M_{11} * 21,607 + M_{12} * 10,790 + M_{13} * 309 + M_{14} * 1 \\ 17 &= M_{11} * 16,194 + M_{12} * 10,790 + M_{13} * 309 + M_{14} * 1 \\ 17 &= M_{11} * 21,607 + M_{12} * 5,393 + M_{13} * 309 + M_{14} * 1 \end{aligned}$$

Matriks 4x4 yang digunakan untuk menentukan matriks M secara sederhana akan diselesaikan dengan menggunakan metode eliminasi dan substitusi dengan sistem persamaan linier 4 variabel. Sistem persamaan linear 4 variabel adalah himpunan 4 persamaan yang memiliki 4 variabel. Jika kurang dari 4 persamaan tentunya persamaan memiliki tak terhingga penyelesaian dan jika ada 5 persamaan atau lebih, bisa jadi tidak memiliki penyelesaian dan terjadi kontradiksi. Untuk meyelesaikan sistem persamaan linear 4 variabel maka bentuk ini kita sederhanakan menjadi sistem persamaan linear 3 variabel, baru kemudian kita sederhanakan menjadi sistem persamaan linear 2 variabel. Berikut adalah contoh

penyelesaiannya:

Contoh soal,

Tentukan himpunan penyelesaian dari

$$2a + 3b + c + d = 12$$

$$a + b + 5c - d = 15$$

$$3a + 2b + 2c + 4d = 9$$

$$4a - b + 3c + 2d = 5$$

Jawab :

Pertama akan digunakan penyelesaian dengan metode eliminasi.

Setiap persamaan kita beri nama persamaan (1), (2), (3) dan (4).

$$2a + 3b + c + d = 12 \dots\dots\dots(1)$$

$$1a + b + 5c - d = 15 \dots\dots\dots(2)$$

$$3a + 2b + 2c + 4d = 9 \dots\dots\dots(3)$$

$$4a - b + 3c + 2d = 5 \dots\dots\dots(4)$$

Langkah awal yang dilakukan adalah harus membuat 3 persamaan dengan 3 variabel. Untuk itu perlu dilakukan eliminasi pada salah satu variabel. Pada contoh di bawah ini akan dieliminasi variabel d dengan menjumlahkan dua buah persamaan (1) dan (2).

$$2a + 3b + c + d = 12$$

$$\underline{a + b + 5c - d = 15} +$$

$$3a + 4b + 6c = 27 \dots\dots\dots(5)$$

Selanjutnya persamaan (2) dengan (3)

$$a + b + 5c - d = 15 \quad |4| \rightarrow 4a + 4b + 20c - 4d = 60$$

$$3a + 2b + 2c + 4d = 9 \quad |1| \rightarrow \underline{3a + 2b + 2c + 4d = 9} +$$

$$7a + 6b + 22c = 69 \dots\dots(6)$$

Berikutnya penyelesaian untuk persamaan (2) dengan (4),

$$a + b + 5c - d = 15 \quad |2| \rightarrow 2a + 2b + 10c - 2d = 30$$

$$4a - b + 3c + 2d = 5 \quad |1| \rightarrow \underline{4a - b + 3c + 2d = 5} +$$

$$6a + b + 13c = 35 \dots\dots(7)$$

Dari penyelesaian di atas kini telah diperoleh sistem persamaan linear 3 variabel, yaitu persamaan (5), (6), dan (7). Dari sini akan diubah menjadi 2 persamaan tanpa variabel b dengan menggunakan persamaan (7) dan (5).

$$\begin{array}{rcl}
 6a + b + 13c = 35 & |4| & \rightarrow 24a + 4b + 52c = 140 \\
 3a + 4b + 6c = 27 & |1| & \rightarrow \frac{3a + 4b + 6c = 27}{21a + 46c = 113} \quad \text{.....(8)}
 \end{array}$$

Kemudian diambil persamaan (7) dan (6)

$$\begin{array}{rcl}
 6a + b + 13c = 35 & |6| & \rightarrow 36a + 6b + 78c = 210 \\
 7a + 6b + 22c = 69 & |1| & \rightarrow \frac{7a + 6b + 22c = 69}{29a + 56c = 141} \quad \text{.....(9)}
 \end{array}$$

Langkah terakhir adalah melakukan eliminasi persamaan (8) dan (9).

$$\begin{array}{rcl}
 21a + 46c = 113 & |29| & \rightarrow 609a + 1334c = 3277 \\
 29a + 56c = 141 & |21| & \rightarrow \frac{609a + 1176c = 2961}{158c = 316} \\
 & & c = 2
 \end{array}$$

$$21a + 46c = 113$$

$$21a + 46 \cdot 2 = 113$$

$$21a + 92 = 113$$

$$21a = 21 \rightarrow a = 1$$

$$6a + b + 13c = 35$$

$$6 \cdot 1 + b + 13 \cdot 2 = 35$$

$$6 + b + 26 = 35$$

$$32 + b = 35 \rightarrow b = 3$$

$$2a + 3b + c + d = 12$$

$$2 \cdot 1 + 3 \cdot 3 + 2 + d = 12$$

$$2 + 9 + 2 + d = 12$$

$$13 + d = 12$$

$$d = -1$$

Jadi, himpunan penyelesaiannya adalah $\{(1, 3, 2, -1)\}$

Berdasarkan logika penyelesaian contoh soal diatas, secara matematis digunakan cara eliminasi dan substitusi. Akan tetapi mengingat jumlah data yang diolah adalah banyak, maka digunakan bantuan perhitungan dengan menggunakan Ms.Excel

dengan memanfaatkan fungsi ($=MMLUT$) yang dikombinasi dengan fungsi ($=MINVERSE$). Berikut adalah ulasannya:

- a. Input data pada kolom seperti gambar berikut,

	A	B	C	D	E	F
1	21.607	5.393	309	1		17
2	21.607	10.79	309	1		17
3	16.194	10.79	309	1		17
4	21.607	5.393	309	1		17
5						

Gambar 5.4 Input Data Pada *Ms.Excel*

- b. Langkah berikutnya, sorot 4 kolom yang akan dijadikan sebagai tempat atau *space* hasil dari $M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{14}$. Seperti gambar berikut ini,

	A	B	C	D	E	F
1	21.607	5.393	309	1		17
2	21.607	10.79	309	1		17
3	16.194	10.79	309	1		17
4	21.607	5.393	309	1		17
5				M11		
6				M12		
7				M13		
8				M14		

Gambar 5.5 Menyorot *Space* Hasil

- c. Setelah itu input fungsi MMULT dan MINVERSE, sorot data yang diperlukan lalu tekan Shift + Enter seperti gambar 4.16 dan 4.17 berikut ini,

	A	B	C	D	E	F	G
1	21.607	5.393	309	1		17	
2	21.607	10.79	309	1		17	
3	16.194	10.79	309	1		17	
4	21.607	5.393	309	1		17	
5				M11	=MMULT(MINVERSE(A1:D4);F1:F4)		
6				M12			
7				M13			
8				M14			

Gambar 5.6 Memasukkan Fungsi Pada Ms.Excel

	A	B	C	D	E	F
1	21.607	5.393	309	1		17
2	21.607	10.79	309	1		17
3	16.194	10.79	309	1		17
4	21.607	5.393	309	1		17
5				M11	-3,14	
6				M12	6,288	
7				M13	-0,369	
8				M14	135,589	

Gambar 5.7 Hasil dari Perhitungan Persamaan Variabel ($M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{14}$).

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diperoleh hasil sebagai berikut,

$$M_{11} = -3,140$$

$$M_{12} = 6,288$$

$$M_{13} = -0,369$$

$$M_{14} = 135,589$$

$$\begin{bmatrix} 17 \\ 20 \\ 300 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 21.607 \\ 5.393 \\ 309 \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(e)$$

$$\begin{bmatrix} 17 \\ 20 \\ 300 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16.194 \\ 10.790 \\ 309 \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(f)$$

$$\begin{bmatrix} 17 \\ 20 \\ 300 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 21.607 \\ 5.393 \\ 309 \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(g)$$

$$\begin{bmatrix} 17 \\ 20 \\ 300 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 16.194 \\ 10.790 \\ 309 \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(h)$$

$$17 = M_{11} * 21,607 + M_{12} * 5,393 + M_{13} * 309 + M_{14} * 1$$

$$17 = M_{11} * 16,194 + M_{12} * 10,790 + M_{13} * 309 + M_{14} * 1$$

$$17 = M_{11} * 21,607 + M_{12} * 5,393 + M_{13} * 309 + M_{14} * 1$$

$$17 = M_{11} * 16,194 + M_{12} * 10,790 + M_{13} * 309 + M_{14} * 1$$

$$M_{11} = -0,007 ; M_{12} = 2,66E-15$$

$$M_{13} = 0,047 ; M_{14} = -2,477$$

$$\textbf{Mean_M}_{11.1} = \frac{(-3,140) + (-0,007)}{2} = -1.570$$

$$\textbf{Mean_M}_{11.2} = \frac{(M_{11}) + (-1.570)}{2} = \textbf{Mean_M}_{11.2}$$

.....

$$\textbf{Mean_M}_{11.31} = \frac{(\textbf{Mean_M}_{11.30}) + (M_{11.31})}{2} = \textbf{Mean_M}_{11.32}$$

$$M = \begin{bmatrix} A & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5.2)$$

Hasil dari operasi matriks menghasilkan nilai Mean_M_{11.23} artinya bahwa nilai rata-rata untuk nilai matrik M₁₁ relatif sama hingga data percobaan ke 32. Kemudian nilai dapat diinputkan pada matriks 4x4 persamaan 5.2 diatas yang dimisalkan dengan huruf A. Masih terdapat 15 nilai matriks yang belum ditemukan, sementara untuk menentukan nilai tersebut langkah yang digunakan sama dengan langkah-langkah di atas. Berikut adalah matriks akhir yang menggambarkan hubungan antara koordinat kamera dengan koordinat pelontar peluru.

$$M = \begin{bmatrix} 1,077 & 0,178 & 0,084 & 0,018 \\ 0,064 & 1,060 & 0,024 & -15,972 \\ 0,155 & 0,063 & 0,883 & 9,343 \\ 0,004 & 0,067 & 0,000 & 0,792 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5.3)$$

Maka, sekarang dapat dituliskan rumus transformasi dari sistem ini sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \\ 1_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,077 & 0,178 & 0,084 & 0,018 \\ 0,064 & 1,060 & 0,024 & -15,972 \\ 0,155 & 0,063 & 0,883 & 9,343 \\ 0,004 & 0,067 & 0,000 & 0,792 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \\ 1_s \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5.4)$$

BAB VI

KOMUNIKASI SISTEM PELONTAR PELURU DENGAN KAMERA

6.1 Instalasi *Hardware*

Instalasi *hardware* dari sistem pelontar peluru berbasis *machine vision* ini sangatlah sederhana. Hal terpenting agar sistem ini mampu bergerak secara otomatis adalah mikrokontroller, *personal computer* sebagai pengolah program perintah dan kamera stereo sebagai sensor utamanya. Kamera dalam sistem ini merupakan sensor yang bertujuan untuk mengidentifikasi objek tembak dengan data keluaran berupa koordinat posisi. Data-data berupa koordinat posisi objek $[X_k, Y_k, Z_k]$ merupakan inputan untuk proses dilakukannya transformasi dan pengolahan data untuk komunikasi serial dengan mikrokontroller arduino.

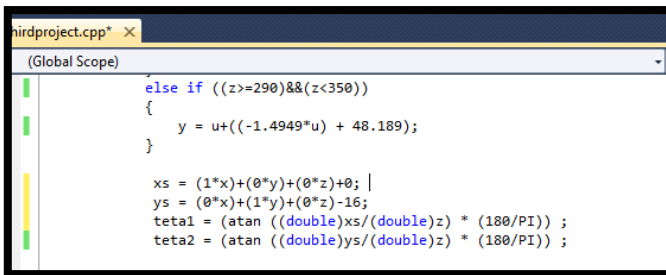


Gambar 6.1 Komunikasi Antara Kamera dengan Pelontar Peluru.

Pada gambar 6.1 dapat dilihat komunikasi antara kamera dengan pelontar peluru. Setiap komponen dihubungkan dengan menggunakan kabel usb yang terpusat pada personal komputer sebagai otak yang menerima, mengolah dan memberi perintah untuk pergerakan pelontar peluru.

6.2 Komunikasi Software

Berdasarkan hasil perhitungan koordinat transformasi yang diperoleh pada perhitungan persamaan 5.6, selanjutnya akan dilakukan komunikasi sistem pelontar peluru dengan kamera. Untuk dapat mengkomunikasikan kedua buah *hardware* ini, maka dilakukanlah penggabungan *software* antara visual studio dengan arduino. Sementara matriks M dijadikan sebagai faktor pengali nilai hasil pembacaan kamera. Berikut adalah bahasa pemrograman untuk mengalikan nilai hasil pembacaan dengan matriks M.



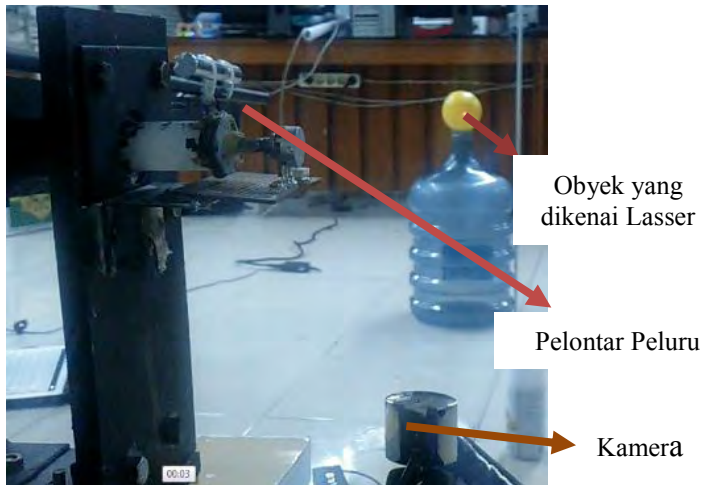
```

hirdproject.cpp*
(Global Scope)
else if ((z>=290)&&(z<350))
{
    y = u+((-1.4949*u) + 48.189);
}

xs = (1*x)+(0*y)+(0*z)+0; |
ys = (0*x)+(1*y)+(0*z)-16;
teta1 = (atan ((double)xs/(double)z) * (180/PI)) ;
teta2 = (atan (((double)ys/(double)z) * (180/PI)) ;
  
```

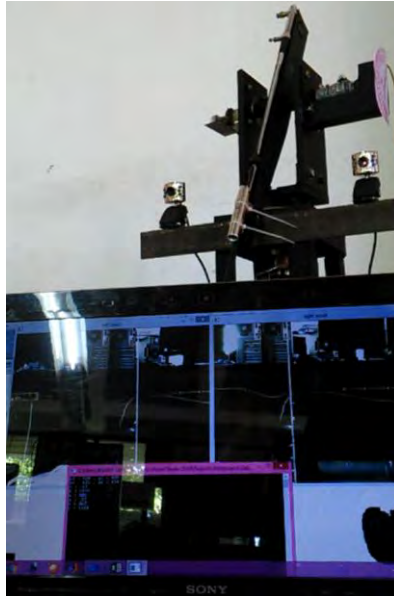
Gambar 6.2 Tampilan Kode Transformasi koordinat

Dalam pengujian tembak yang dilakukan saat pengujian, tidak digunakan peluru melainkan *pointer laser* yang diarahkan ke target. Sehingga *pointer* dapat terlihat dengan jelas berwarna merah pada bola sehingga dapat terlihat jelas seperti apa pergerakan dari pelontar peluru tersebut, apakah pergerakannya menyimpang ataukah tepat pada sasaran.



Gambar 6.3 Penangkapan Obyek Berupa Bola Kuning

Output berupa koordinat bola kuning mulanya akan dideteksi dan ditangkap oleh sensor kamera berupa koordinat $[X,Y,Z]$ dalam satuan jarak cm. Kemudian dalam visual studio akan ditransformasi menjadi koordinat obyek terhadap pelontar peluru dalam satuan jarak cm. Berdasarkan hasil transformasi tersebut akan diubah lagi ke dalam bentuk keluaran sudut elevasi dan sudut azimuth sebagai inputan bagi arduino untuk menggerakkan servo. Berikut di bawah ini ditampilkan dari komunikasi serial antara visual studio dengan program arduino.



Gambar 6.4 Pelontar Peluru Beserta Tampilan *Output* pada *Personal Computer*.

Dalam penerapan otomatisasi pergerakan pelontar peluru masih terdapat pergerakan yang dinilai tidak benar, karena alat tidak bergerak mengikuti obyek yang ditangkap oleh sensor kamera. Adapun beberapa koordinat benda yang mampu ditracking otomatis oleh pelontar peluru yakni pada koordinat $[0;7;200]$, $[-15;7;200]$, $[15;7;200]$, $[0;7;240]$, $[-15;7;240]$, $[15;7;200]$. Beberapa faktor yang menjadi pengaruh dari kesalahan ini diantaranya adalah:

1. Faktor sensor kamera yang kurang baik membuat inputan nilai menjadi berubah-ubah terhadap waktu, pencahayaan dan lingkungan.
2. *Output* data dari *PC* yang dikirim ke mikrokontroller mengalami *floating*, hal ini membuat *noise* dalam pengiriman sinyal terhadap motor penggerak.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian dan pengolahan data didapatkan hubungan koordinat antara kamera terhadap objek dengan pelontar peluru terhadap objek tembak sebagai rumus transformasi matriks sebagai berikut.

$$M = \begin{bmatrix} 1,077 & 0,178 & 0,084 & 0,018 \\ 0,064 & 1,060 & 0,024 & -15,972 \\ 0,155 & 0,063 & 0,883 & 9,343 \\ 0,004 & 0,067 & 0,000 & 0,792 \end{bmatrix}$$

Sehingga,

$$\begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \\ 1_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,077 & 0,178 & 0,084 & 0,018 \\ 0,064 & 1,060 & 0,024 & -15,972 \\ 0,155 & 0,063 & 0,883 & 9,343 \\ 0,004 & 0,067 & 0,000 & 0,792 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \\ 1_k \end{bmatrix}$$

2. Matriks transformasi yang diperoleh tidak berlaku universal, hanya berlaku untuk koordinat objek terhadap kamera pada posisi [17;5;300], [17;20;300], [-18;6;300], [-32;7;300], [32;7;300], [-15;20;300], [-31;20;300], [32;20;300], [-15;9;240], [13;9;240], [-30;8;240], [30;8;240], [-15;20;240], [13;20;240], [-30;20;240], [30;20;240], [-15;8;200], [14;9;200], [20;9;200], [-20;9;200], [-15;20;200], [14;20;200].
3. Komunikasi antara sensor kamera dengan pelontar peluru dilakukan dengan melakukan komunikasi serial antara program visual studio dengan program arduino. Dalam pengujian yang dilakukan, pelontar peluru mampu mengikuti obyek secara otomatis hanya pada beberapa koordinat diantaranya yaitu pada koordinat [0;7;200], [-15;7;200], [15;7;200], [0;7;240], [-15;7;240], [15;7;200].

Sebab pengambilan data hanya dilakukan pada titik-titik tertentu yang merupakan daerah jangkauan kamera.

7.2 Saran

Pada penelitian tugas akhir ini, masih terdapat beberapa kekurangan, maka beberapa saran yang diperlukan dalam proses perbaikan-perbaikan diantaranya adalah:

1. Untuk penelitian berikutnya perlu dilakukan pengadaan *hardware* berupa motor servo yang lebih tinggi nilai bitnya (dari 8 bit ke 16 bit), agar kemampuan alat bisa lebih presisi.
2. Deviasi penentuan nilai koordinat untuk mencari nilai M perlu diperkecil.
3. Masih perlunya dilakukan pengecilan terhadap nilai standard deviasi dari nilai-nilai matriks yang diperoleh, agar dalam pengujian berikutnya alat tidak terbatas dengan koordinat-koordinat pengujian. Salah satu langkah yang bisa dilakukan adalah dengan menggunakan motor servo yang memiliki kepresisian yang tinggi.

Lampiran

Lampiran A. Koordinat Objek Terhadap Kamera dan Koordinat Objek Terhadap Pelontar Peluru

	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	Rad			Cm		
			X	Y	Z	x	y	z
x=18	3	1	-0,0524	-0,0175	309	-16,194	-5,3936	309
	4	2	-0,0698	-0,0349	309	-21,607	-10,791	309
y=6	3	2	-0,0524	-0,0349	309	-16,194	-10,791	309
	3	1	-0,0524	-0,0175	309	-16,194	-5,3936	309
z=300	3	2	-0,0524	-0,0349	309	-16,194	-10,791	309
	2	2	-0,0349	-0,0349	309	-10,791	-10,791	309
	2	1	-0,0349	-0,0175	309	-10,791	-5,3936	309
	3	1	-0,0524	-0,0175	309	-16,194	-5,3936	309
	2	1	-0,0349	-0,0175	309	-10,791	-5,3936	309
	2	2	-0,0349	-0,0349	309	-10,791	-10,791	309
	3	3	-0,0524	-0,0524	309	-16,194	-16,194	309
	3	1	-0,0524	-0,0175	309	-16,194	-5,3936	309
	3	2	-0,0524	-0,0349	309	-16,194	-10,791	309
	3	1	-0,0524	-0,0175	309	-16,194	-5,3936	309
	2	1	-0,0349	-0,0175	309	-10,791	-5,3936	309
	2	1	-0,0349	-0,0175	309	-10,791	-5,3936	309
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=32	6	2	-0,1047	-0,0349	309	-32,477	-10,791	309
y=7	5	2	-0,0873	-0,0349	309	-27,034	-10,791	309
z=300	7	2	-0,1222	-0,0349	309	-37,94	-10,791	309
	7	2	-0,1222	-0,0349	309	-37,94	-10,791	309
	6	1	-0,1047	-0,0175	309	-32,477	-5,3936	309
	6	1	-0,1047	-0,0175	309	-32,477	-5,3936	309
	7	1	-0,1222	-0,0175	309	-37,94	-5,3936	309
	7	1	-0,1222	-0,0175	309	-37,94	-5,3936	309
	7	1	-0,1222	-0,0175	309	-37,94	-5,3936	309
	7	1	-0,1222	-0,0175	309	-37,94	-5,3936	309
	6	2	-0,1047	-0,0349	309	-32,477	-10,791	309
	6	2	-0,1047	-0,0349	309	-32,477	-10,791	309
	6	1	-0,1047	-0,0175	309	-32,477	-5,3936	309
	6	1	-0,1047	-0,0175	309	-32,477	-5,3936	309
	6	2	-0,1047	-0,0349	309	-32,477	-10,791	309
	6	1	-0,1047	-0,0175	309	-32,477	-5,3936	309

	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=17	4	1	0,0698	-0,0175	309	21,607	-5,3936	309
y=5	4	2	0,0698	-0,0349	309	21,607	-10,791	309
z=300	3	2	0,0524	-0,0349	309	16,194	-10,791	309
	4	1	0,0698	-0,0175	309	21,607	-5,3936	309
	4	1	0,0698	-0,0175	309	21,607	-5,3936	309
	3	2	0,0524	-0,0349	309	16,194	-10,791	309
	4	1	0,0698	-0,0175	309	21,607	-5,3936	309
	3	2	0,0524	-0,0349	309	16,194	-10,791	309
	3	2	0,0524	-0,0349	309	16,194	-10,791	309
	3	2	0,0524	-0,0349	309	16,194	-10,791	309
	3	2	0,0524	-0,0349	309	16,194	-10,791	309
	4	2	0,0698	-0,0349	309	21,607	-10,791	309
	3	1	0,0524	-0,0175	309	16,194	-5,3936	309
	3	2	0,0524	-0,0349	309	16,194	-10,791	309
	4	2	0,0698	-0,0349	309	21,607	-10,791	309
	4	1	0,0698	-0,0175	309	21,607	-5,3936	309
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=32	6	1	0,1047	-0,0175	309	32,477	-5,3936	309
y=7	6	2	0,1047	-0,0349	309	32,477	-10,791	309
z=300	6	2	0,1047	-0,0349	309	32,477	-10,791	309
	5	1	0,0873	-0,0175	309	27,034	-5,3936	309
	6	1	0,1047	-0,0175	309	32,477	-5,3936	309
	6	2	0,1047	-0,0349	309	32,477	-10,791	309
	5	1	0,0873	-0,0175	309	27,034	-5,3936	309
	7	2	0,1222	-0,0349	309	37,94	-10,791	309
	7	2	0,1222	-0,0349	309	37,94	-10,791	309
	7	2	0,1222	-0,0349	309	37,94	-10,791	309
	6	2	0,1047	-0,0349	309	32,477	-10,791	309
	5	2	0,0873	-0,0349	309	27,034	-10,791	309
	6	1	0,1047	-0,0175	309	32,477	-5,3936	309
	6	2	0,1047	-0,0349	309	32,477	-10,791	309
	6	2	0,1047	-0,0349	309	32,477	-10,791	309
	6	1	0,1047	-0,0175	309	32,477	-5,3936	309

	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=15	3	1	-0,0524	0,0175	309	-16,194	5,3936	309
y=20	4	2	-0,0698	0,0349	309	-21,607	10,791	309
z=300	3	2	-0,0524	0,0349	309	-16,194	10,791	309
	3	1	-0,0524	0,0175	309	-16,194	5,3936	309
	3	2	-0,0524	0,0349	309	-16,194	10,791	309
	2	2	-0,0349	0,0349	309	-10,791	10,791	309
	2	1	-0,0349	0,0175	309	-10,791	5,3936	309
	3	1	-0,0524	0,0175	309	-16,194	5,3936	309
	2	1	-0,0349	0,0175	309	-10,791	5,3936	309
	2	2	-0,0349	0,0349	309	-10,791	10,791	309
	3	3	-0,0524	0,0524	309	-16,194	16,194	309
	3	1	-0,0524	0,0175	309	-16,194	5,3936	309
	3	2	-0,0524	0,0349	309	-16,194	10,791	309
	3	1	-0,0524	0,0175	309	-16,194	5,3936	309
	2	1	-0,0349	0,0175	309	-10,791	5,3936	309
	2	1	-0,0349	0,0175	309	-10,791	5,3936	309
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
	6	2	-0,1047	0,0349	309	-32,477	10,791	309
x=31	5	2	-0,0873	0,0349	309	-27,034	10,791	309
y=20	7	2	-0,1222	0,0349	309	-37,94	10,791	309
z=300	7	2	-0,1222	0,0349	309	-37,94	10,791	309
	6	1	-0,1047	0,0175	309	-32,477	5,3936	309
	6	1	-0,1047	0,0175	309	-32,477	5,3936	309
	7	1	-0,1222	0,0175	309	-37,94	5,3936	309
	7	1	-0,1222	0,0175	309	-37,94	5,3936	309
	7	2	-0,1222	0,0349	309	-37,94	10,791	309
	7	1	-0,1222	0,0175	309	-37,94	5,3936	309
	6	2	-0,1047	0,0349	309	-32,477	10,791	309
	6	2	-0,1047	0,0349	309	-32,477	10,791	309
	6	1	-0,1047	0,0175	309	-32,477	5,3936	309
	6	1	-0,1047	0,0175	309	-32,477	5,3936	309
	6	2	-0,1047	0,0349	309	-32,477	10,791	309
	6	1	-0,1047	0,0175	309	-32,477	5,3936	309

	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
	4	1	0,0698	0,0175	309	21,607	5,3936	309
x=17	4	2	0,0698	0,0349	309	21,607	10,791	309
y=20	3	2	0,0524	0,0349	309	16,194	10,791	309
z=300	4	1	0,0698	0,0175	309	21,607	5,3936	309
	4	1	0,0698	0,0175	309	21,607	5,3936	309
	3	2	0,0524	0,0349	309	16,194	10,791	309
	4	1	0,0698	0,0175	309	21,607	5,3936	309
	3	2	0,0524	0,0349	309	16,194	10,791	309
	3	2	0,0524	0,0349	309	16,194	10,791	309
	3	2	0,0524	0,0349	309	16,194	10,791	309
	3	2	0,0524	0,0349	309	16,194	10,791	309
	4	2	0,0698	0,0349	309	21,607	10,791	309
	3	1	0,0524	0,0175	309	16,194	5,3936	309
	3	2	0,0524	0,0349	309	16,194	10,791	309
	4	2	0,0698	0,0349	309	21,607	10,791	309
	4	1	0,0698	0,0175	309	21,607	5,3936	309
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
	6	1	0,1047	0,0175	309	32,477	5,3936	309
x=32	6	2	0,1047	0,0349	309	32,477	10,791	309
y=20	6	2	0,1047	0,0349	309	32,477	10,791	309
z=300	5	1	0,0873	0,0175	309	27,034	5,3936	309
	6	1	0,1047	0,0175	309	32,477	5,3936	309
	6	2	0,1047	0,0349	309	32,477	10,791	309
	5	1	0,0873	0,0175	309	27,034	5,3936	309
	7	2	0,1222	0,0349	309	37,94	10,791	309
	7	2	0,1222	0,0349	309	37,94	10,791	309
	7	2	0,1222	0,0349	309	37,94	10,791	309
	6	2	0,1047	0,0349	309	32,477	10,791	309
	5	2	0,0873	0,0349	309	27,034	10,791	309
	6	1	0,1047	0,0175	309	32,477	5,3936	309
	6	2	0,1047	0,0349	309	32,477	10,791	309
	6	2	0,1047	0,0349	309	32,477	10,791	309
	6	1	0,1047	0,0175	309	32,477	5,3936	309

	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=15	4	2	-0,069813	-0,03491	249	-17,412	-8,6953	249
y=9	3	3	-0,05236	-0,05236	249	-13,05	-13,05	249
z=240	3	2	-0,05236	-0,03491	249	-13,05	-8,6953	249
	3	2	-0,05236	-0,03491	249	-13,05	-8,6953	249
	4	1	-0,069813	-0,01745	249	-17,412	-4,3463	249
	4	2	-0,069813	-0,03491	249	-17,412	-8,6953	249
	5	3	-0,087266	-0,05236	249	-21,785	-13,05	249
	3	2	-0,05236	-0,03491	249	-13,05	-8,6953	249
	3	3	-0,05236	-0,05236	249	-13,05	-13,05	249
	3	1	-0,05236	-0,01745	249	-13,05	-4,3463	249
	3	2	-0,05236	-0,03491	249	-13,05	-8,6953	249
	4	2	-0,069813	-0,03491	249	-17,412	-8,6953	249
	3	3	-0,05236	-0,05236	249	-13,05	-13,05	249
	3	2	-0,05236	-0,03491	249	-13,05	-8,6953	249
	4	2	-0,069813	-0,03491	249	-17,412	-8,6953	249
	3	1	-0,05236	-0,01745	249	-13,05	-4,3463	249
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=13	3	2	0,05236	-0,03491	249	13,05	-8,6953	249
y=9	3	3	0,05236	-0,05236	249	13,05	-13,05	249
z=240	4	2	0,069813	-0,03491	249	17,412	-8,6953	249
	3	2	0,05236	-0,03491	249	13,05	-8,6953	249
	4	1	0,069813	-0,01745	249	17,412	-4,3463	249
	4	2	0,069813	-0,03491	249	17,412	-8,6953	249
	4	3	0,069813	-0,05236	249	17,412	-13,05	249
	3	2	0,05236	-0,03491	249	13,05	-8,6953	249
	3	2	0,05236	-0,03491	249	13,05	-8,6953	249
	4	3	0,069813	-0,05236	249	17,412	-13,05	249
	3	2	0,05236	-0,03491	249	13,05	-8,6953	249
	3	3	0,05236	-0,05236	249	13,05	-13,05	249
	4	3	0,069813	-0,05236	249	17,412	-13,05	249
	4	2	0,069813	-0,03491	249	17,412	-8,6953	249
	4	2	0,069813	-0,03491	249	17,412	-8,6953	249
	3	3	0,05236	-0,05236	249	13,05	-13,05	249

	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=30	7	2	-0,122173	-0,03491	249	-30,573	-8,6953	249
y=8	6	2	-0,10472	-0,03491	249	-26,171	-8,6953	249
z=240	7	2	-0,122173	-0,03491	249	-30,573	-8,6953	249
	7	2	-0,122173	-0,03491	249	-30,573	-8,6953	249
	7	1	-0,122173	-0,01745	249	-30,573	-4,3463	249
	7	2	-0,122173	-0,03491	249	-30,573	-8,6953	249
	6	3	-0,10472	-0,05236	249	-26,171	-13,05	249
	6	2	-0,10472	-0,03491	249	-26,171	-8,6953	249
	7	2	-0,122173	-0,03491	249	-30,573	-8,6953	249
	6	3	-0,10472	-0,05236	249	-26,171	-13,05	249
	7	2	-0,122173	-0,03491	249	-30,573	-8,6953	249
	7	3	-0,122173	-0,05236	249	-30,573	-13,05	249
	7	2	-0,122173	-0,03491	249	-30,573	-8,6953	249
	6	2	-0,10472	-0,03491	249	-26,171	-8,6953	249
	6	1	-0,10472	-0,01745	249	-26,171	-4,3463	249
	6	1	-0,10472	-0,01745	249	-26,171	-4,3463	249
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=30	6	2	0,10472	-0,03491	249	26,171	-8,6953	249
y=8	7	2	0,122173	-0,03491	249	30,573	-8,6953	249
z=240	7	2	0,122173	-0,03491	249	30,573	-8,6953	249
	6	2	0,10472	-0,03491	249	26,171	-8,6953	249
	6	1	0,10472	-0,01745	249	26,171	-4,3463	249
	7	2	0,122173	-0,03491	249	30,573	-8,6953	249
	6	3	0,10472	-0,05236	249	26,171	-13,05	249
	7	2	0,122173	-0,03491	249	30,573	-8,6953	249
	7	2	0,122173	-0,03491	249	30,573	-8,6953	249
	6	1	0,10472	-0,01745	249	26,171	-4,3463	249
	7	2	0,122173	-0,03491	249	30,573	-8,6953	249
	7	2	0,122173	-0,03491	249	30,573	-8,6953	249
	7	2	0,122173	-0,03491	249	30,573	-8,6953	249
	6	2	0,10472	-0,03491	249	26,171	-8,6953	249
	6	2	0,10472	-0,03491	249	26,171	-8,6953	249
	7	2	0,122173	-0,03491	249	30,573	-8,6953	249

	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=15	4	2	-0,069813	0,03491	249	-17,412	8,6953	249
y=20	3	3	-0,05236	0,05236	249	-13,05	13,05	249
z=240	3	2	-0,05236	0,03491	249	-13,05	8,6953	249
	3	2	-0,05236	0,03491	249	-13,05	8,6953	249
	4	1	-0,069813	0,01745	249	-17,412	4,3463	249
	4	2	-0,069813	0,03491	249	-17,412	8,6953	249
	5	3	-0,087266	0,05236	249	-21,785	13,05	249
	3	2	-0,05236	0,03491	249	-13,05	8,6953	249
	3	3	-0,05236	0,05236	249	-13,05	13,05	249
	3	1	-0,05236	0,01745	249	-13,05	4,3463	249
	3	2	-0,05236	0,03491	249	-13,05	8,6953	249
	4	2	-0,069813	0,03491	249	-17,412	8,6953	249
	3	3	-0,05236	0,05236	249	-13,05	13,05	249
	3	2	-0,05236	0,03491	249	-13,05	8,6953	249
	4	2	-0,069813	0,03491	249	-17,412	8,6953	249
	3	1	-0,05236	0,01745	249	-13,05	4,3463	249
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=13	3	2	0,05236	0,03491	249	13,05	8,6953	249
y=20	3	3	0,05236	0,05236	249	13,05	13,05	249
z=240	4	2	0,069813	0,03491	249	17,412	8,6953	249
	3	2	0,05236	0,03491	249	13,05	8,6953	249
	4	1	0,069813	0,01745	249	17,412	4,3463	249
	4	2	0,069813	0,03491	249	17,412	8,6953	249
	4	3	0,069813	0,05236	249	17,412	13,05	249
	3	2	0,05236	0,03491	249	13,05	8,6953	249
	3	2	0,05236	0,03491	249	13,05	8,6953	249
	4	3	0,069813	0,05236	249	17,412	13,05	249
	3	2	0,05236	0,03491	249	13,05	8,6953	249
	3	3	0,05236	0,05236	249	13,05	13,05	249
	4	3	0,069813	0,05236	249	17,412	13,05	249
	4	2	0,069813	0,03491	249	17,412	8,6953	249
	4	2	0,069813	0,03491	249	17,412	8,6953	249
	3	3	0,05236	0,05236	249	13,05	13,05	249

	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=30	7	2	-0,122173	0,03491	249	-30,573	8,6953	249
y=20	6	2	-0,10472	0,03491	249	-26,171	8,6953	249
z=240	7	2	-0,122173	0,03491	249	-30,573	8,6953	249
	7	2	-0,122173	0,03491	249	-30,573	8,6953	249
	7	1	-0,122173	0,01745	249	-30,573	4,3463	249
	7	2	-0,122173	0,03491	249	-30,573	8,6953	249
	6	3	-0,10472	0,05236	249	-26,171	13,05	249
	6	2	-0,10472	0,03491	249	-26,171	8,6953	249
	7	2	-0,122173	0,03491	249	-30,573	8,6953	249
	6	3	-0,10472	0,05236	249	-26,171	13,05	249
	7	2	-0,122173	0,03491	249	-30,573	8,6953	249
	7	3	-0,122173	0,05236	249	-30,573	13,05	249
	7	2	-0,122173	0,03491	249	-30,573	8,6953	249
	6	2	-0,10472	0,03491	249	-26,171	8,6953	249
	6	1	-0,10472	0,01745	249	-26,171	4,3463	249
	6	1	-0,10472	0,01745	249	-26,171	4,3463	249
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x=30	6	2	0,10472	0,03491	249	26,171	8,6953	249
y=20	7	2	0,122173	0,03491	249	30,573	8,6953	249
z=240	7	2	0,122173	0,03491	249	30,573	8,6953	249
	6	2	0,10472	0,03491	249	26,171	8,6953	249
	6	1	0,10472	0,01745	249	26,171	4,3463	249
	7	2	0,122173	0,03491	249	30,573	8,6953	249
	6	3	0,10472	0,05236	249	26,171	13,05	249
	7	2	0,122173	0,03491	249	30,573	8,6953	249
	7	2	0,122173	0,03491	249	30,573	8,6953	249
	6	1	0,10472	0,01745	249	26,171	4,3463	249
	7	2	0,122173	0,03491	249	30,573	8,6953	249
	7	2	0,122173	0,03491	249	30,573	8,6953	249
	7	2	0,122173	0,03491	249	30,573	8,6953	249
	6	2	0,10472	0,03491	249	26,171	8,6953	249
	6	2	0,10472	0,03491	249	26,171	8,6953	249
	7	2	0,122173	0,03491	249	30,573	8,6953	249

	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x = -15	4	2	-0,0698	-0,0349	209	-14,615	-7,2984	209
y = 8	4	3	-0,0698	-0,0524	209	-14,615	-10,953	209
z = 200	3	2	-0,0524	-0,0349	209	-10,953	-7,2984	209
	4	2	-0,0698	-0,0349	209	-14,615	-7,2984	209
	4	3	-0,0698	-0,0524	209	-14,615	-10,953	209
	4	2	-0,0698	-0,0349	209	-14,615	-7,2984	209
	5	2	-0,0873	-0,0349	209	-18,285	-7,2984	209
	3	2	-0,0524	-0,0349	209	-10,953	-7,2984	209
	3	3	-0,0524	-0,0524	209	-10,953	-10,953	209
	4	1	-0,0698	-0,0175	209	-14,615	-3,6481	209
	4	2	-0,0698	-0,0349	209	-14,615	-7,2984	209
	4	2	-0,0698	-0,0349	209	-14,615	-7,2984	209
	3	3	-0,0524	-0,0524	209	-10,953	-10,953	209
	3	2	-0,0524	-0,0349	209	-10,953	-7,2984	209
	4	2	-0,0698	-0,0349	209	-14,615	-7,2984	209
	4	1	-0,0698	-0,0175	209	-14,615	-3,6481	209
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x = 14	4	3	0,0698	-0,0524	209	14,615	-10,953	209
y = 9	3	3	0,0524	-0,0524	209	10,953	-10,953	209
z = 200	4	2	0,0698	-0,0349	209	14,615	-7,2984	209
	4	2	0,0698	-0,0349	209	14,615	-7,2984	209
	4	3	0,0698	-0,0524	209	14,615	-10,953	209
	4	2	0,0698	-0,0349	209	14,615	-7,2984	209
	5	2	0,0873	-0,0349	209	18,285	-7,2984	209
	5	2	0,0873	-0,0349	209	18,285	-7,2984	209
	3	3	0,0524	-0,0524	209	10,953	-10,953	209
	4	3	0,0698	-0,0524	209	14,615	-10,953	209
	5	2	0,0873	-0,0349	209	18,285	-7,2984	209
	3	2	0,0524	-0,0349	209	10,953	-7,2984	209
	4	3	0,0698	-0,0524	209	14,615	-10,953	209
	5	2	0,0873	-0,0349	209	18,285	-7,2984	209
	4	3	0,0698	-0,0524	209	14,615	-10,953	209
	5	3	0,0873	-0,0524	209	18,285	-10,953	209

	Theta 1(Azimu)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x = 20	5	2	0,0873	-0,0349	209	18,285	-7,2984	209
y = 9	6	3	0,1047	-0,0524	209	21,967	-10,953	209
z = 200	6	3	0,1047	-0,0524	209	21,967	-10,953	209
	6	2	0,1047	-0,0349	209	21,967	-7,2984	209
	6	3	0,1047	-0,0524	209	21,967	-10,953	209
	5	3	0,0873	-0,0524	209	18,285	-10,953	209
	5	2	0,0873	-0,0349	209	18,285	-7,2984	209
	5	2	0,0873	-0,0349	209	18,285	-7,2984	209
	5	3	0,0873	-0,0524	209	18,285	-10,953	209
	5	2	0,0873	-0,0349	209	18,285	-7,2984	209
	5	3	0,0873	-0,0524	209	18,285	-10,953	209
	4	2	0,0698	-0,0349	209	14,615	-7,2984	209
	5	3	0,0873	-0,0524	209	18,285	-10,953	209
	6	2	0,1047	-0,0349	209	21,967	-7,2984	209
	5	3	0,0873	-0,0524	209	18,285	-10,953	209
	5	3	0,0873	-0,0524	209	18,285	-10,953	209
	Theta 1(Azimu)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x = -20	6	3	-0,1047	-0,0524	209	-21,967	-10,953	209
y = 9	6	3	-0,1047	-0,0524	209	-21,967	-10,953	209
z = 200	6	3	-0,1047	-0,0524	209	-21,967	-10,953	209
	5	2	-0,0873	-0,0349	209	-18,285	-7,2984	209
	6	3	-0,1047	-0,0524	209	-21,967	-10,953	209
	5	3	-0,0873	-0,0524	209	-18,285	-10,953	209
	6	2	-0,1047	-0,0349	209	-21,967	-7,2984	209
	5	2	-0,0873	-0,0349	209	-18,285	-7,2984	209
	5	3	-0,0873	-0,0524	209	-18,285	-10,953	209
	5	2	-0,0873	-0,0349	209	-18,285	-7,2984	209
	5	3	-0,0873	-0,0524	209	-18,285	-10,953	209
	6	2	-0,1047	-0,0349	209	-21,967	-7,2984	209
	6	3	-0,1047	-0,0524	209	-21,967	-10,953	209
	6	2	-0,1047	-0,0349	209	-21,967	-7,2984	209
	5	2	-0,0873	-0,0349	209	-18,285	-7,2984	209
	6	2	-0,1047	-0,0349	209	-21,967	-7,2984	209

	5	2	-0,0873	-0,0349	209	-18,285	-7,2984	209
	6	2	-0,1047	-0,0349	209	-21,967	-7,2984	209
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x = -15	4	2	-0,0698	0,0349	209	-14,615	7,2984	209
y = 20	4	3	-0,0698	0,0524	209	-14,615	10,953	209
z = 200	3	2	-0,0524	0,0349	209	-10,953	7,2984	209
	4	2	-0,0698	0,0349	209	-14,615	7,2984	209
	4	3	-0,0698	0,0524	209	-14,615	10,953	209
	4	2	-0,0698	0,0349	209	-14,615	7,2984	209
	5	2	-0,0873	0,0349	209	-18,285	7,2984	209
	3	2	-0,0524	0,0349	209	-10,953	7,2984	209
	3	3	-0,0524	0,0524	209	-10,953	10,953	209
	4	1	-0,0698	0,0175	209	-14,615	3,6481	209
	4	2	-0,0698	0,0349	209	-14,615	7,2984	209
	4	2	-0,0698	0,0349	209	-14,615	7,2984	209
	3	3	-0,0524	0,0524	209	-10,953	10,953	209
	3	2	-0,0524	0,0349	209	-10,953	7,2984	209
	4	2	-0,0698	0,0349	209	-14,615	7,2984	209
	4	1	-0,0698	0,0175	209	-14,615	3,6481	209
	Theta 1(Azimut)	Theta 2(elevasi)	X	Y	Z	x	y	z
x = 14	4	3	0,0698	0,0524	209	14,615	10,953	209
y = 20	3	3	0,0524	0,0524	209	10,953	10,953	209
z = 200	4	2	0,0698	0,0349	209	14,615	7,2984	209
	4	2	0,0698	0,0349	209	14,615	7,2984	209
	4	3	0,0698	0,0524	209	14,615	10,953	209
	4	2	0,0698	0,0349	209	14,615	7,2984	209
	5	2	0,0873	0,0349	209	18,285	7,2984	209
	5	2	0,0873	0,0349	209	18,285	7,2984	209
	3	3	0,0524	0,0524	209	10,953	10,953	209
	4	3	0,0698	0,0524	209	14,615	10,953	209
	5	2	0,0873	0,0349	209	18,285	7,2984	209
	3	2	0,0524	0,0349	209	10,953	7,2984	209
	4	3	0,0698	0,0524	209	14,615	10,953	209
	5	2	0,0873	0,0349	209	18,285	7,2984	209
	4	3	0,0698	0,0524	209	14,615	10,953	209
	5	2	0,0873	0,0349	209	18,285	7,2984	209
	4	3	0,0698	0,0524	209	14,615	10,953	209
	5	2	0,0873	0,0349	209	18,285	7,2984	209

Lampiran B. Penentuan Nilai Matriks M

	M11	Nilai	M12	Nilai	M13	Niai	M14	Nilai
x=-15	-1,84353		0,00000		0,00000		-32,00000	
y=20	-0,00200	-2,31217	-1,38600	-3,59925	0,02750	-0,00121	0,00000	-35,78414
z=300	-0,92909	-1,62063	0,000000	-1,79963	-0,12900	-0,06511	0,00000	-17,89207
	-1,84972	-3,00000	-5,81250	-3,80606	0,09907	0,01698	-39,56828	-28,73017
	M11		M12		M13		M14	
x=-31	9,80484	3,40242	10,38867	3,29130	1,00000	0,50849	-128,00000	-78,36509
y=20	0,77189	2,08715	1,91934	2,60532	0,00000	0,25425	0,00000	-39,18254
z=300	0,77189	1,42952	0,00000	1,30266	0,00000	0,12712	-32,00000	-35,59127
	1,63414	1,53183	0,00000	0,65133	0,25000	0,18856	-64,00000	-49,79564
	M11		M12		M13		M14	
x=17	0,00671	0,76927	0,00000	0,32567	0,13031	0,15944	-56,41092	-53,10328
y=20	-3,14037	-1,18555	6,28840	3,30703	-0,36969	-0,10513	135,58908	41,24290
z=300	-0,00671	-0,59613	0,00000	1,65352	0,04735	-0,02889	-2,47712	19,38289
	0,00000	-0,29806	0,00000	0,82676	0,00000	-0,01444	17,00000	18,19145
	M11		M12		M13		M14	
x=32	-0,60059	-0,59836	-1,04688	0,30332	0,00000	-0,01444	32,00000	25,69145
y=20	-0,04664	-0,32250	0,00000	0,15166	-0,04167	-0,02805	64,00000	44,84572
z=300	2,48364	1,08057	-4,86538	-2,35686	0,25000	0,11097	-64,00000	-9,57714
	5,06056	3,07057	12,48983	5,06649	0,00000	0,05549	0,00000	-4,78857

	M11	M12	M13	M14	
x=-18	0,00000	0,54029	0,00609	-1,17538	0,00000
y=6	0,00000	0,27014	0,00609	-0,58465	0,00000
z=300	0,00000	0,13507	0,00609	-0,28928	0,00000
	0,00000	0,06754	0,00609	-0,14159	0,00000
	M11	M12	M13	M14	
x=-32	3,95208	2,04358	-13,33963	-6,81445	0,00000
y=7	3,95208	2,99783	-13,33963	-10,07704	0,00000
z=300	3,95208	3,47495	-13,33963	-11,70834	0,00000
	3,95208	3,71352	-13,33963	-12,52398	0,00000
	M11	M12	M13	M14	
x=17	0,00671	1,88800	-1,25960	-6,48397	0,45676
y=5	-3,14037	1,00000	0,00000	-3,24198	0,20477
z=300	3,14037	2,07018	0,00000	-1,62099	-0,23931
	0,00000	1,03509	0,00000	-0,81050	0,00000
	M11	M12	M13	M14	
x=32	0,58691	1,32855	1,04785	-0,28657	0,00000
y=7	0,04664	0,68760	0,00000	-0,14329	-0,04167
z=300	1,64021	1,16390	1,37960	0,61816	-0,12500
	5,06056	0,99990	-2,08164	-0,73174	0,50000
Mean_M	0,86626		0	0	0
Std_M	1,621056		4,104342	0,19372	25,699973

	M21	Nilai	M22	Nilai	M23	Nilai	M24	Nilai
x=15	2,45804		0,00000		0,00000		0,00000	
y=20	0,00225	3,08268	1,84783	4,86142	-0,12059	-0,00134	0,00000	26,37885
z=300	1,23879	2,16074	0,00000	2,43071	0,25000	0,12433	0,00000	13,18943
	2,46629	2,31351	7,87500	5,15285	-0,13210	-0,00389	52,75770	32,97356
	M21		M22		M23		M24	
x=31	-6,32571	-2,00610	-6,70237	-0,77476	-0,25000	-0,12694	128,00000	80,48678
y=20	-0,49799	-1,25204	-1,23829	-1,00652	0,00000	-0,06347	-64,00000	8,24339
z=300	-0,49799	-0,87502	0,00000	-0,50326	0,00000	-0,03174	0,00000	4,12170
	-1,05428	-0,96465	0,00000	-0,25163	-0,25000	-0,14087	64,00000	34,06085
	M21		M22		M23		M24	
x=17	0,00789	-0,47838	0,00000	-0,12582	0,35919	0,10916	-13,65990	10,20047
y=20	-3,69455	-2,08646	9,39812	4,63615	-0,64081	-0,26583	-114,34010	-52,06981
z=300	-0,00789	-1,04718	0,00000	2,31808	-0,03988	-0,15285	-23,62014	-37,84498
	0,00000	-0,52359	0,00000	1,15904	0,00000	-0,07643	20,00000	-8,92249
	M21		M22		M23		M24	
x=32	-0,37500	-0,71109	0,65332	1,48570	0,00000	-0,07643	-26,00000	-31,92249
y=20	-0,02915	-0,37012	0,00000	0,74285	-0,04167	-0,03905	-26,00000	-28,96124
z=300	1,55228	0,59108	3,04086	1,89186	0,12500	0,03298	-26,00000	-27,48062
	-3,16285	-1,28589	7,80615	4,84900	0,50000	0,26649	-128,00000	-77,74031

	M21	M22	M23	M24	
x=-18	0,00000	0,29554	0,94593	0,01649	-18,00000
y=6	0,00000	0,14777	0,55435	0,75014	0,00824
z=300	0,00000	0,07388	0,00000	0,37507	0,00412
	0,00000	0,03694	1,68750	1,03128	0,00206
	M21	M22	M23	M24	
x=-32	0,86452	0,46920	2,91804	1,64656	0,06250
y=7	0,86452	0,66686	2,91804	2,28230	0,06250
z=300	0,86452	0,76569	2,91804	2,60017	0,06250
	0,86452	0,81510	2,91804	2,75911	0,06250
	M21	M22	M23	M24	
x=17	0,00197	0,38383	0,37047	1,48532	0,01978
y=5	0,92364	0,65373	0,00000	0,74266	0,08228
z=300	0,92364	0,78869	0,00000	0,37133	0,12185
	0,00000	0,39434	0,00000	0,18567	0,00000
	M21	M22	M23	M24	
x=32	0,12817	0,45843	0,22949	0,30041	0,32400
y=7	0,01020	0,23432	0,00000	0,15021	0,95208
z=300	0,35880	0,29656	0,30179	0,22600	0,01563
	1,10700	0,70178	0,45536	0,34068	0,03125
Mean_M		0,120328	1,388984	0,04011	-14,38811
Std_M		1,12438	1,650601	0,15242	29,002238

	M31	Nilai	M32	Nilai	M33	Nilai	M34	Nilai
x=15	36,87060		0,00000		0,00000		1024,00000	
y=20	0,03382	46,24027	27,71751	-45,14125	-0,05884	0,97984	0,00000	779,68278
z=300	18,58179	32,41103	0,00000	-22,57062	2,00000	1,48992	0,00000	389,84139
	36,99434	34,70268	-118,00000	-70,28531	0,01851	0,75422	535,36556	462,60348
	M31		M32		M33		M34	
x=31	-94,88559	-30,09145	-100,53549	-85,41040	-8,00000	-3,62289	0,00000	231,30174
y=20	-7,46987	-18,78066	-18,57428	-51,99234	0,00000	-1,81145	-1024,00000	-396,34913
z=300	-7,46987	-13,12527	0,00000	-25,99617	0,00000	-0,90572	0,00000	-198,17457
	-15,81426	-14,46977	0,00000	-12,99809	-4,00000	-2,45286	512,00000	156,91272
	M31		M32		M33		M34	
x=17	0,11834	-7,17571	0,00000	-6,49904	0,88784	-0,78251	-844,89851	-343,99290
y=20	-55,41823	-31,29697	-110,97179	-58,73541	-7,11216	-3,94734	1203,10149	429,55429
z=300	-0,11834	-15,70765	0,00000	-29,36771	1,77683	-1,08325	-19,30206	205,12612
	0,00000	-7,85383	0,00000	-14,68385	0,00000	-0,54263	300,00000	252,56306
	M31		M32		M33		M34	
x=32	-5,64063	-10,67414	-9,81250	-19,59010	0,00000	-0,54263	256,00000	230,56306
y=20	-0,43726	-5,55570	0,00000	-9,79505	-0,43750	-0,49006	-1024,00000	-396,71847
z=300	23,28413	8,86422	-45,61292	-27,70398	2,00000	0,75497	0,00000	-198,35924
	-47,44279	-19,28929	-117,09220	-72,39809	4,00000	2,37748	2048,00000	924,82038

	M31	M32	M33	M34	
x=-18	0,00000	4,43211	-0,10155	-13,90276	0,00000
y=6	0,00000	2,21605	-0,10155	-7,00216	0,00000
z=300	0,00000	1,10803	-0,10155	-3,55185	0,00000
	0,00000	0,55401	-0,10155	-1,82670	0,00000
	M31	M32	M33	M34	
x=-32	37,05075	19,07939	125,05904	60,75359	8,00000
y=7	37,05075	28,06507	125,05904	92,90631	8,00000
z=300	37,05075	32,55791	125,05904	108,98267	8,00000
	37,05075	34,80433	125,05904	117,02086	8,00000
	M31	M32	M33	M34	
x=17	0,11834	16,33812	-2,22820	53,37724	8,93708
y=5	-35,41823	-9,54005	-22,22820	15,57452	8,93708
z=300	1,41823	-4,06091	-22,22820	-3,32684	-6,81126
	0,00000	-2,03046	-22,22820	-12,77752	-0,92300
	M31	M32	M33	M34	
x=32	-0,51563	-2,28827	18,98125	7,82721	-1,37600
y=7	1,94373	-0,17227	7,23000	7,52860	-0,43750
z=300	-0,37700	-0,27464	7,93373	7,73117	-1,00000
	-0,44279	-0,35872	8,23400	7,98258	-0,98700
Mean_M	2,21379	-3,73776		0,98471	
Std_M	19,38477	47,72748		3,19698	

	M41	Nilai	M42	Nilai	M43	Niai	M44	Nilai
x=15	0,12290		0,00000		0,00000		2,00000	
y=20	0,00011	0,15413	0,09239	0,24151	0,00134	0,00049	0,00000	2,31894
z=300	0,06194	0,10804	0,00000	0,12075	0,00781	0,00415	0,00000	1,15947
	0,12331	0,11568	0,39063	0,25569	-0,00817	-0,00201	2,63789	1,89868
	M41		M42		M43		M44	
x=31	-0,31629	-0,10030	-0,33512	-0,03971	-0,01563	-0,00882	4,00000	2,94934
y=20	-0,02490	-0,06260	-0,06191	-0,03081	0,00000	-0,00441	0,00000	1,47467
z=300	-0,02490	-0,04375	0,00000	-0,02541	0,00000	-0,00220	0,00000	0,73733
	-0,05271	-0,04823	0,00000	-0,01270	-0,01563	-0,00891	2,00000	1,36867
	M41		M42		M43		M44	
x=17	0,00039	-0,02392	0,00000	-0,00635	0,00858	-0,00017	-3,08300	-0,85716
y=20	-0,18473	-0,10432	0,36991	0,18178	-0,02267	-0,01142	4,91700	2,02992
z=300	-0,00039	-0,05236	0,00000	0,09089	0,00347	-0,00397	-0,38101	0,82446
	0,00000	-0,02618	0,00000	0,04544	0,00000	-0,00199	1,00000	0,91223
	M41		M42		M43		M44	
x=32	-0,01877	-0,03556	-0,03271	0,02909	0,00000	-0,00199	1,00000	0,91223
y=20	-0,00146	-0,01851	0,00000	0,01454	-0,00130	-0,00164	2,00000	1,45611
z=300	0,07761	0,02955	-0,15204	-0,06875	0,00781	0,00308	2,00000	1,72806
	-0,15814	-0,06430	0,39031	0,16078	0,00000	0,00154	0,00000	0,86403

	M41	M42	M43	M44	
x=32	-0,01877	-0,03556	0,02909	-0,00199	1,00000
y=20	-0,00146	-0,01851	0,01454	-0,00164	2,00000
z=300	0,07761	0,02955	-0,06875	0,00781	2,00000
	-0,15814	-0,06430	0,16078	0,00154	0,00000
	M41	M42	M43	M44	
x=-18	0,00000	0,01478	-0,03454	0,00154	1,00000
y=6	0,00000	0,00739	-0,01744	0,00077	1,00000
z=300	0,00000	0,00369	-0,00889	0,00039	1,00000
	0,00000	0,00185	-0,00461	0,00019	1,00000
	M41	M42	M43	M44	
x=-32	0,12350	0,06360	0,20399	0,01563	0,00000
y=7	0,12350	0,09355	0,31043	0,01563	0,00000
z=300	0,12350	0,10853	0,41686	0,01563	0,00000
	0,12350	0,11601	0,41686	0,01563	0,00000
	M41	M42	M43	M44	
x=32	-0,01834	0,02073	0,03275	-0,00537	1,00000
y=7	-0,00146	0,00964	0,01723	-0,00334	2,00000
z=300	0,05126	0,03045	0,03017	-0,00362	1,00000
	-0,15814	-0,06385	-0,01744	0,01563	0,00000
Mean_M		0,010088	0,079853	0,00025	1,1051311
Std_M		0,067418	0,123819	0,00663	0,7330252

Daftar Pustaka

- [1] Dong, Ganggang, Gangyao Kuang, 2006, “Ground Target Recognition using Rectangle Estimation”, IEEE Trans, Vol 15.
- [2] Grönwall, Christina, Fredrik Gustafsson, Mille Millnert, 2015, “Target Recognition via Information Aggregation Through Dempster–Shafer’s Evidence Theory”, IEEE Geoscience and Remote Sensing, Vol.12, No.6.
- [3] Kuncorojati, Adityo, 2015, “Rancang Bangun Pelontar Peluru Yang Dilengkapi Dengan Kamera Stereo Untuk Pendeteksian Target Secara Otomatis”, ITS, Surabaya.
- [4] Dwi Putra, Irvan, 2015, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Pelontar Peluru Dengan Dua Sumbu Putar”, ITS, Surabaya.
- [5] Prakoso, Candra Uji Wira, 2010, “Simulator Penembak Jitu Dengan Menggunakan Metode Color Tracking (Gunnerbot)”, ITS, Surabaya.
- [6] Finali, Asmar, 2015, “Pengukuran Jarak Menggunakan Metode Stereo Vision Dengan 2 Kamera Untuk Mengidentifikasi Objek Bergerak”, ITS, Surabaya.
- [7] Liliana, Gunadi, Kartika, Yohan, Andreas. 2012, “Aplikasi Deteksi Gerak dalam *Augmented Reality*”, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- [8] Mujahiddin.”Pemrograman Port Serial”, 19 Oktober 2015, <http://www.slideshare.net/myeenaufs/parallel-serial-prog>.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Chontry Novita Dewi, dilahirkan di Bojonegoro pada tanggal 18 Agustus 1993. Penulis adalah putri pertama dari dua bersaudara. Menempuh pendidikan dasar di SDN Sumberrejo 1 dan lulus pada tahun 2005. Pendidikan menengah pertama ditempuh di SMP N 1 Balen, lulus pada tahun 2008. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMA Negeri 1 Sumberrejo, lulus pada tahun 2011. Pada tahun yang sama,

penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Di jurusan Teknik Mesin inilah penulis terdaftar dengan NRP 2111100007, dalam menyelesaikan studinya penulis mengambil Bidang Studi Teknik Manufaktur laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk. Sempat menjadi asisten praktikum pada mata kuliah pengukuran teknik dan menjadi grader pada mata kuliah gambar mesin.

Tidak hanya *hardskill*, semasa kuliah penulis turut serta dalam berbagai kegiatan kepanitiaan serta keorganisasian guna mengembangkan *softskill*nya. Diantaranya menjadi anggota UKM Jiu-jitsu, UKM teater Tiayang Alit, keorganisasian Himpunan Mahasiswa Mesin dan Lembaga Dakwah Jurusan Ash-Shaff. Guna menyalurkan kegemarannya dalam dunia seni dan sastra penulis sempat aktif dalam komunitas seni Sayap dan menulis sajak-sajak lepas di blognya. Untuk semua informasi, saran serta kritik dapat menghubungi penulis pada email berikut ini novibjn@gmail.com.